KENWOOD

TS-990

HF/50MHz TRANSCEIVER

徹底解説集

本書の著作権

- 本書、お買い上げの製品および製品に付属されている全てのマニュアルやオプションのアプリケーションとそのアプリケーションに付随するヘルプ文や関連する書類などの著作権、その他のいかなる知的財産権はすべて株式会社 JVC ケンウッドに帰属するものとします。
- 本書を個人のウェブサイトなどで再配布される場合には、事前に弊社から書面での使用許諾を得てください。
- 本書を譲渡、賃貸、リース、販売する行為を禁止します。
- 株式会社 JVC ケンウッドは、本書および関連するマニュアル類に記載されている製品やソフトウェアの品質および機能が、お客様の使用目的に適合することを保証するものではなく、また、本資料に明示的に記載された以外、瑕疵担保責任および保証責任を一切負いません。

ソフトウェアの著作権

- ソフトウェアとは、別途配布されるファームウェアやオプションのアプリケーションを含むものとし、株式会社 JVC ケンウッドが著作権やその他のいかなる知的財産権を保有します。ファームウェアは、ケンウッドブランドの製品内のメモリーに格納されて使用するものです。
- ソフトウェアに変更を加えたり、リバースエンジニアリングをしたり、複製、インターネット上のウェブサイトで公開する等の行為を固く禁止します。
- ソフトウェアを個人のウェブサイトなどで再配布される場合には、事前に弊社から書面での使用許諾を得てください。
- また、ソフトウェアを株式会社 JVC ケンウッドの製品へ格納された状態以外で第三者へ譲渡や販売する行為も禁止します。

ソフトウェアに関する重要なお知らせ

本製品に組み込まれたソフトウェアは、複数の独立したソフトウェアコンポーネントで構成され、個々のソフトウェアコンポーネントは、それぞれに株式会社 JVC ケンウッドまたは原著作権者の著作権が存在します。

本製品は、株式会社 JVC ケンウッド及び原著作権者が規定したエンドユーザーライセンスアグリーメント (以下、「EULA」といいます) に基づくソフトウェアコンポーネントを使用しております。

当該「GPL/LGPL」の対象となるソフトウェアコンポーネントに関しては、以下のウェブサイトをご覧ください。

http://www2.jvckenwood.com/gpl/j.html

録音したものの著作権

放送の内容を本製品に録音した場合は、個人として楽しむほかは、著作権法上の権利者に無断で使用できません。

商標について

- KENWOOD は、株式会社 JVC ケンウッドの登録商標です。
- Windows® XP, Windows Vista®, Windows® 7, Windows® 8 ならびに Windows ロゴは、Microsoft Corporation の米国およびその他の国における登録商標です。
- .NET Framework は Microsoft Corporation の米国およびその他の国における登録商標、または商標です。
- IntelliMouse ならびに IntelliPoint は、Microsoft Corporation の米国及びその他の国における登録商標または商標です。
- SHARC と SHARC ロゴは Analog Devices, Inc. の登録商標です。
- これ以降に参照されている他の全ての商品の名称は、それぞれのメーカーの商標または登録商標です。本文中では、商標をあらわす™や®などのマークを省略しています。

免責事項

- 本書に記載された内容の正確性について万全を期しておりますが、誤解を生む可能性のある記載や、誤植を含む可能性があります。それらによって生じたいかなる損害に関しても、株式会社 JVC ケンウッドは一切の責任を負わないものとします。
- 株式会社 JVC ケンウッドは、本書に記載された製品仕様などを予告なしに修正や改善をすることがあります。それによって生じたいかなる損害に関しても、一切の責任を負わないものとします。
- 株式会社 JVC ケンウッドは、当該機器以外の機器との接続や使用から生じるいかなる不具合、故障、損害に関しても一切の責任を負わないものとします。これらの不具合、故障、損害には接続した PC や USB メモリーなどの記憶領域を有する機器を含むものとし、記憶領域に保存されたデータの消失や破損などの副次的な不具合、損害を株式会社 JVC ケンウッドは、一切の責任を負わないものとします。
- 株式会社 JVC ケンウッドは、当該機器がお客様の使用目的に完全に適合することを保証するものではなく、また、本書に明示的に記載された以外、当該機器に関する瑕疵担保責任および保証責任を一切負いません。また、外部機器はお客様の責任で選択、導入いただき、同様にその結果についてもお客様が責任負担されるものとします。
- 株式会社 JVC ケンウッドは、当該機器を使用した結果、不具合や誤動作などによって通信や通話の機会を逸したために発生した損害などの付随的な損害に対する責任を負わないものとします。
- 外部機器や PC との接続方法、外部機器や PC の設定、操作方法や関連する技術情報につきましてはお客様のご質問に回答できない場合があります。

大切なデータのお取扱い

当該機器の故障、不測の事態の発生または当該機器の誤操作や誤動作によりお客様の大切なデータが失われてしまう可能性があります。運用情報、録音した音声、メッセージ、設定データやログなどの大切なデータは、お客様ご自身で随時バックアップデータを作成し USB メモリーなどの外部データ記憶装置で保存してください。

株式会社JVCケンウッドの連絡先やURLについて

本書では、本書発行時点での最新の連絡先や URL を記載しております。社会事情、経営環境の変化などにより株式会社 JVC ケンウッドの連絡先や URL が変更となる場合があります。

目次

1 はじめに 1

TS-990 の発売に寄せて 1
TS-990 の主な特長 1

2 アンテナ経路 2

信号経路 2
- メインバンドとサブバンドで同じアンテナ端子を使用する場合 2
- メインバンドとサブバンドで異なるアンテナ端子を使用する場合 3
- RX アンテナ機能（RX IN および RX OUT 端子のオン・オフ） 3
- 外部に受信機を接続する場合 3

3 受信 5

受信部の構成 5
コンバージョン方式 5
- メインバンド受信部 5
- サブバンド受信部 6

プリセレクター 8
新規採用のミキサー 9
ルーフィングフィルター 10
- ルーフィングフィルターとは 10
- メインバンド・ルーフィングフィルター 10
- アディショナル・ルーフィングフィルター 11

近接妨害特性 12
AGC 回路 13
- アナログ AGC 13
- ゲイン配分を最適化 14
- S メーターの振れ方 14
- ノイズレベルについて 15
- RF ゲインの調整について 15
- AGC オフについて 15

ノイズブランカー 16
- NB1/NB2 の特徴 16

その他の付属回路 17
- 中波帯感度アップ 17

4 送信 18

クリーンで安定した 200 W 出力を支える IF 回路 18
FET ファイナル回路 18
高速リレー制御式アンテナチューナー 19
リニアアンプ・コントロール 19
- REMOTE コネクター 19
- アドバンストメニューでの設定 21
- ALC について 22
- 送信出力リミッター 23
- 外部機器と接続したときの ALC 動作 24

DRV 端子 25
プロテクション 26
- SWR プロテクション 26
- 電流プロテクション 26
- 温度プロテクション・ファン制御 26

電源 27
- 高効率大容量電源を搭載 27
- 省電力 27
- 安全性 27
- 整流回路で高調波を発生させない力率補正（PFC）方式 28
- 連続可変回転数・冷却ファン 28
- DC/DC コンバーター 28

5 局発 29

DDS ダイレクト 方式と PLL 方式 29
- メインバンド受信部第一局発 29
- サブバンド受信部第一局発 30
- 送信部局発 30

基準周波数発生回路 31

6 DSP 33

TS-990 の DSP 技術の特長 33
DSP と周辺ハードウェア 33
IF 段の信号処理 35
- IF AGC 処理 35
- IF フィルター 36
- 混信除去 38

受信 41
- 検波 41
- AF フィルター 42
- オーディオ・ピークフィルター 43
- ノイズリダクション 43
- ビートキャンセラー 46

送信 48
- 変調 48
- マイクゲイン・コントロール 50
- スピーチプロセッサー 50

バンドスコープ 52
- FFT 型バンドスコープの特長 52
- 様々な信号の表示例 53

その他 55
- 送信、受信 DSP イコライザー 55
- ボイスガイダンス 56
- 光デジタル入出力 56

7 ソフトウエア 57

プロセッサーの接続 57
デュアル TFT ディスプレイ 57
- メインスクリーン 57
- メーター 58
- 機能設定画面、バンドスコープ画面 58
- タッチスクリーン 59
- サブスクリーン 59
- サブスコープ 60
- メカニカル・ダイヤル表示 60

直感的な操作を実現したスプリット運用の切り替え 61

目次

素早く設定できる新しいスプリット周波数設定方法 61
多彩なメモリーチャンネル 62
スプリットや二波同時受信の状態も登録可能 62
オペレーターをサポートする多彩な機能 62
周波数トラッキング 62
多様な運用に対応する DATA モード 62
横行ダイヤル表示の SWL モード 64
PC を使用しないで RTTY や PSK 運用を楽しむ 65
ウォーターフォールを表示可能なバンドスコープ 66
送受信音を解析するオーディオスコープ 69
様々な用途に使える録音機能 70
NTP サーバーを使用した時刻設定 70
メニュー 71
手軽にできるファームウェアのアップデート 71
PC コントロール 72
操作の幅を広げる多彩なソフトウェア 75
システム構成 76
ラジオ・コントロール・プログラム ARCP-990 78
ARCP-590 を継承した基本仕様 78
ユーザー・インターフェース 78
TS-990 との LAN 接続 79
VoIP を内蔵（LAN 経由、KNS 接続時） 79
ラジオ・ホスト・プログラム ARHP-990 80
ARHP-590 を継承した基本仕様 80
ユーザー・インターフェース 81
ARCP-990 からの AF ゲイン制御を禁止 81
TS-990 との LAN 接続に対応 81
VoIP を内蔵（LAN 経由、KNS 接続時） 81
USB オーディオ・コントローラー ARUA-10 82
基本機能 82
動作 82
運用に応じた設定 83
送受信音のディレーを改善 83
VoIP プログラム ARVP-10H/ARVP-10R 83
基本機能 84
仮想 COM ポート・ドライバー 84

8 端子機能 85

PADDLE、KEY ジャック 85
EXT SP1、EXT SP2 ジャック 85
PHONES ジャック 86
KEYPAD ジャック 86
METER 端子 87
ACC 2 コネクター 88
OPTICAL IN、OPTICAL OUT コネクター 89
DISPLAY コネクター 90
LAN コネクター 90
USB コネクター（USB-A） 91
USB コネクター（USB-B） 92

9 機構 93

内部構造 93
冷却性能 94
天板の振動解析 96
前脚のリフトアップ構造 96
パネルデザイン 97
操作性 98
デュアル TFT ディスプレイとタッチパネル 99
メインツマミの構造 100

10 SP-990 101

外観・機構 101
スピーカー 101
帯域フィルター内蔵 102
スピーカー入力切換スイッチ 102

1　はじめに

TS-990 の発売に寄せて

1973 年に TS-900 を発売して以降、「ケンウッド（トリオ）の 900 番台」という呼び方は、当社の最高級 HF トランシーバーの代名詞になりました。以来、TS-930、TS-940、TS-950 と歴史をつないできましたが、TS-950 の発売からは 20 年以上の時がたってしまいました。

2013 年 2 月下旬、長らくお待たせしましたが、ついに新しい 900 番台を出荷することができました。

TS-990 は、名実共にケンウッドの HF 機ラインの最上位に位置するトランシーバーとして企画されました。TS-950 を継ぐだけでなく、市場では最後発になりましたがフラッグシップと言われるトランシーバーに自信を持って加えていただける内容に仕上げています。

フラッグシップを名乗るにあたりもっとも注意して設計した点は、無線機としての基本性能です。これには、送信や受信の性能で数値として測定できる項目だけでなく、実際に操作、あるいは運用して総合的に得られる体感も含まれます。採用する回路や部品だけでなく、それを収納するシャーシ、パネルの質感や操作性など全ての要素を注意深く設計しています。

TS-990 では、高度な DX 運用に必要な機能だけでなく、さまざまな表示を可能にするデュアル TFT ディスプレイやタッチパネルを採用しているため、最初は華やかな部分が注目されがちと思います。また、カタログの写真からは、そのボタンの多さに驚かれるかもしれません。しかし、実際に実機を見て、操作してみると、無線機としてしっかりと作りこんであることを体感していただけると確信しています。

ケンウッドの HF トランシーバーは、「より遠くの信号を聴き、より遠くへ電波を飛ばす」だけでなく、より自然な音で送受信できることも目指しています。言い換えれば、TS-990 は DX'er だけでなく、より良い音質を目指す無線家にも使っていただけるようにフラッグシップ機ならではのさまざまな工夫を凝らしてあります。

この徹底解説集では、これらの考え方を実現するために用いた技術や手法を、設計者自身が解説する資料として作成しました。TS-990 を更に深く理解していただければ幸いです。

2013 年 8 月 ケンウッド HF 開発チーム

TS-990 の主な特長

TS-990 は、世界の DX'er の要望に応える高い受信能力、世界で初めてデュアル TFT ディスプレイ[*1] を装備し、オペレーターへの情報フィードバックや操作性を高めて本格的な運用を実現した HF/50 MHz オールモード・トランシーバーです。（[*1] 2013 年 8 月 現在、当社調べ）

TS-900、TS-930、TS-940、TS-950 シリーズの後継機種となる TS-990 の受信部は、異なるバンドでの二波同時受信を実現しました。メインバンドではフル・ダウンコンバージョン方式として狭帯域ルーフィングフィルターを実装して近接妨害信号排除能力を高め、新方式のミキサーを採用することにより第三次インターセプトポイント ＋40 dBm クラスの性能を実現しました。また、IF DSP によるシャープなフィルター特性とルーフィングフィルターの組合せにより、優れた混信除去能力を発揮し、コンテストなどの混信状況でも目的の信号をよりクリアに受信できます。サブバンドは、2010 年に発売した性能に定評がある TS-590 の受信部をそのまま採用しました。

運用状況を詳細に表示するデュアル TFT ディスプレイ（7″/3.5″）を採用しました。メインディスプレイでは、メインバンド・サブバンドの周波数表示、S メーター、RIT/XIT などに加え、バンドスコープ、ウォーターフォール表示も装備しました。サブディスプレイをメイン同調ツマミの上部に配置し、メインバンド・サブバンドの周波数に加え、フィルター情報、オーディオスペクトラムを表示する機能も装備し、正に DX’er にふさわしい装備となっています。

TS-990S の送信出力は、最大 200 W です（TS-990D の送信出力は、最大 50 W です）。また、QRP 対応として 5 W までコントロールできるパワーコントロール機能を採用しました。スイッチング電源を内蔵しており、安定した送信をすることができます。オートアンテナチューナーも装備し、アンテナは 4 系統まで集中管理が可能です。バンドごとにメモリー機能も装備しているので、瞬時にバンドを切り替えたり、スプリット運用でも素早く運用したりすることができます。

オプションとして専用外部スピーカー SP-990 を用意しました。TS-990 のデザインにマッチするデザインにしました。音質は、当社のオーディオへのこだわりであり、TS-990 専用にチューニングしてあります。2 系統の入力を装備しています。もう一台のトランシーバーを使用している場合には、そのトランシーバーの外部スピーカーとしても使用することができます。

信号経路

TS-990には、**ANT1～ANT4**という4系統のアンテナ・コネクターと、受信専用アンテナ入力や外付けでフィルターを接続する場合などに利用できる**RX IN**端子と、**RX OUT**端子を用意しました。

アンテナから受信部へは複数の経路があり、設定によりアンテナから受信部の経路を切り替えることができます。メインバンドとサブバンドにおける各受信バンドにアンテナから受信部への経路を設定することができます。設定されてないアンテナ端子は、GNDに接続されます。

メインバンドとサブバンドで同じアンテナ端子を使用する場合

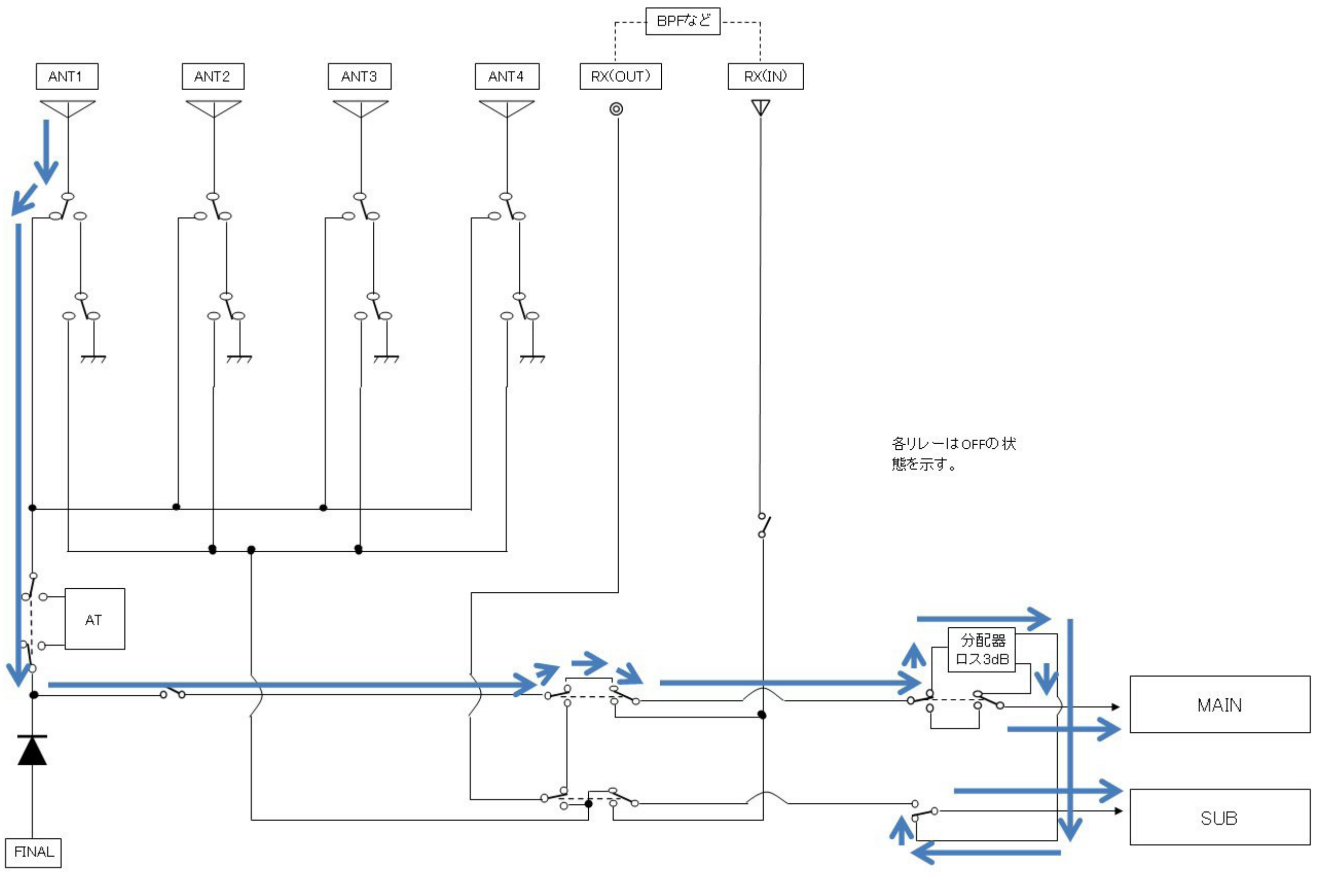


Fig. 1.　メインバンド：ANT1、サブバンド：ANT1での信号経路

サブバンド用に設定されたアンテナがメインバンド用に設定されたアンテナと同一の場合、信号は「メインバンド：**ANT1**、サブバンド：**ANT1**での信号経路」の図で示される経路を通ります。アンテナからの受信信号は、分配器によりメインバンドとサブバンドへ約半分に分配されます。このとき、受信経路でゲインを補正してSメーターの表示が分配器で受信信号を分配しないときの表示と同じになるように処理しています。

メインバンドとサブバンドで異なるアンテナ端子を使用する場合

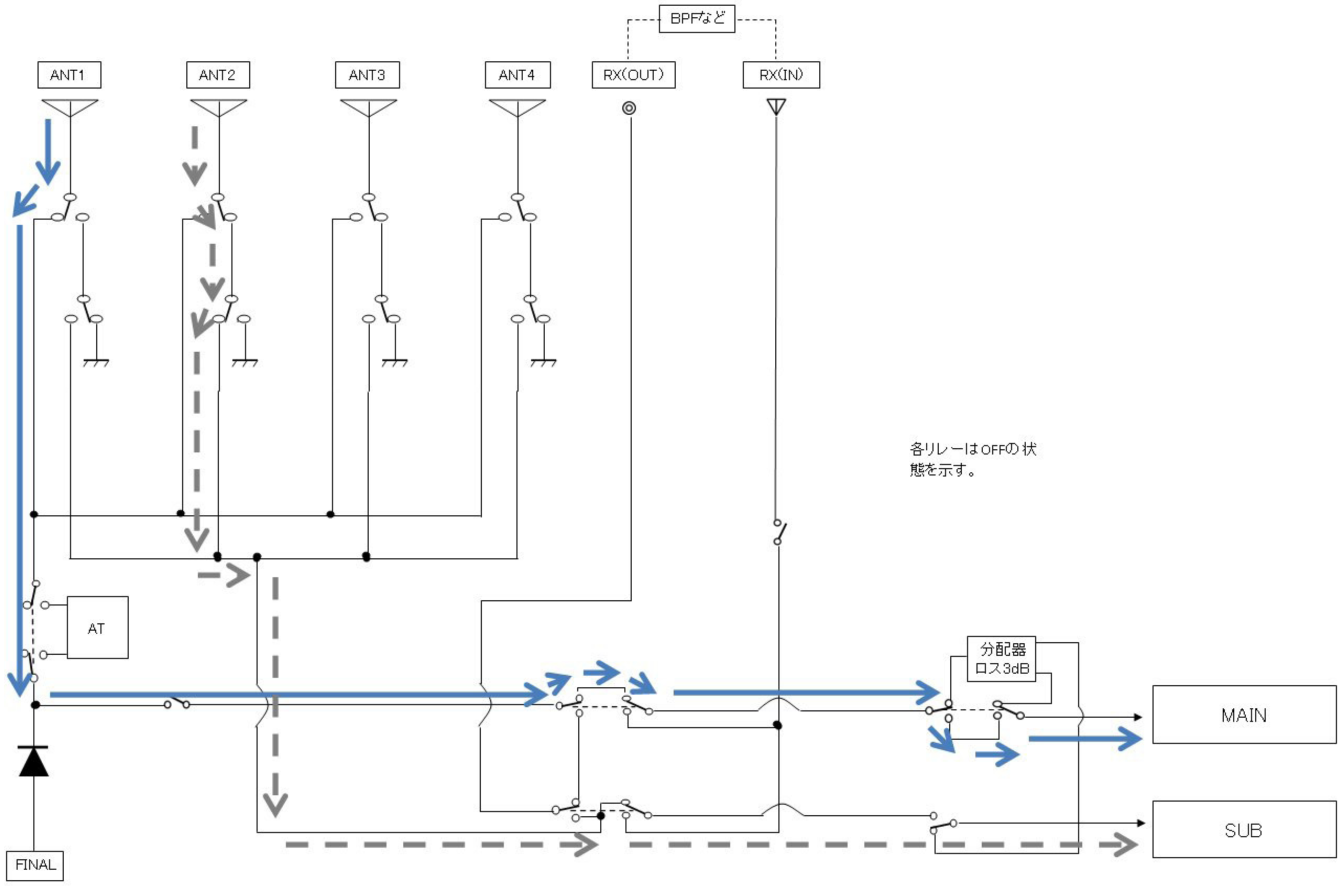


Fig. 2.　メインバンド：ANT1、サブバンド：ANT2 での信号経路

「メインバンド：**ANT1**、サブバンド：**ANT2** での信号経路」の図は、メインバンドとサブバンドで異なるアンテナを選択した場合の信号経路です。分配器を通さずにアンテナからの受信信号を受信部に入力するため、分配ロスによる感度低下がありません。

RX アンテナ機能（RX IN および RX OUT 端子のオン・オフ）

RX アンテナ機能は、ローバンドのビバレッジアンテナやループアンテナなどの受信専用アンテナを使用する場合、外部にバンドパス・フィルターを挿入する場合やトランスバーターを接続する場合に受信信号を **RX IN** 端子から入力したり、**RX OUT** 端子から出力したりする機能です。

[RX ANT] キーを押してRX アンテナ機能をオンにすると、アンテナ・コネクター（**ANT1**～**ANT4**）からの信号は遮断され、**RX IN** 端子に入力された信号で受信したり、**RX OUT** 端子から出力したりすることができます。

外部にバンドパス・フィルターを挿入する場合は、**RX OUT** 端子と **RX IN** 端子との間にバンドパス・フィルターを接続します。但し、**RX IN** 端子に正しく信号を入力しないと受信できません。

外部に受信機を接続する場合

RX アンテナ機能を使ってもう一台の受信機で受信するには、「アンテナ機能の運用例（メインバンド時）」の図に示すように **RX OUT** 端子と **RX IN** 端子とのあいだに分配器を挿入し、ここで分配された信号をもう一台の受信機で受信させます。

使用する分配器は、入力インピーダンスが 50 Ω で入力された信号を 2 個の出力端子に等分に分配するものです。出力端子の一方を TS-990 の **RX IN** 端子に入力し、他方を別の受信機に入力します。市販の分配器や追って記述されている自作した分配器を挿入することが可能です。

分配回路を用いずに **RX OUT** 端子と **RX IN** 端子、およびもう一台の受信機のアンテナ端子の 3 個を単純にショートすると、受信はしますが、インピーダンスが乱れたり別の受信機とのアイソレーションが取れずに問題が生じたりすることがあります。

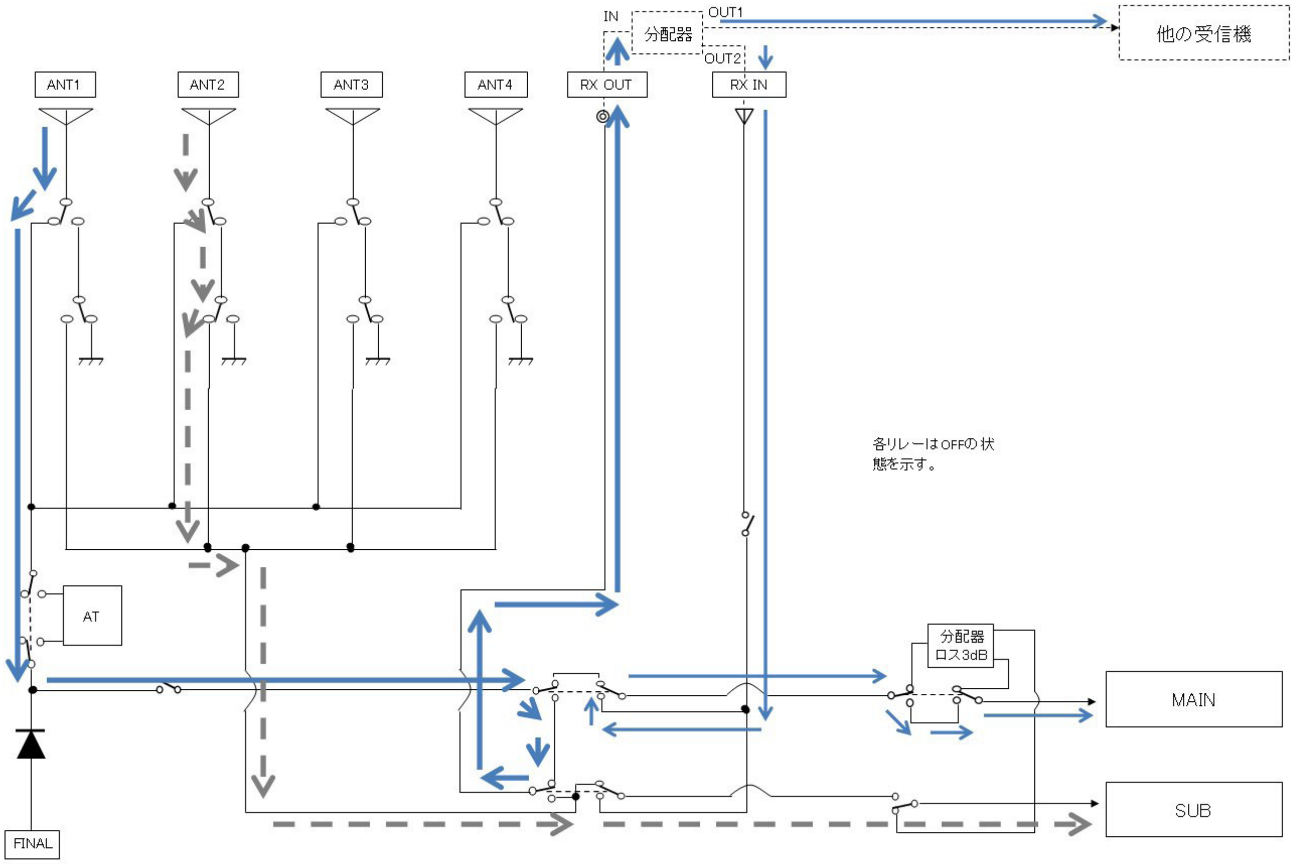


Fig. 3.　RX アンテナ機能の運用例（メインバンド時）

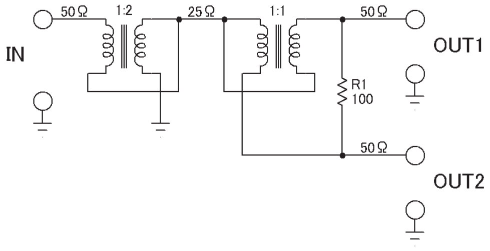


Fig. 4.　分配器回路例

「分配器回路例」の図に分配器の回路の原理的な一例を示します。IN 端子から入力した信号を OUT1 端子と OUT2 端子とに等分に分配し出力するもので、分配ロスが 3 dB 発生します。使用するトランスはコア材の透磁率などから巻数を決定し、周波数特性の補正のために入力または出力に小容量のコンデンサーを並列に接続する場合があります。TS-990 では、メインバンドとサブバンドに信号を分配する回路にもこのような回路を採用しています。

補足：

♦ この回路の一例は原理的なものです。当社は、部品選定や配線方法に関するお問合せに応じたり、動作を保証したりすることはできません。

受信部の構成

TS-990 には、メインバンド受信部とサブバンド受信部の二つの受信部があります。これにより、メインバンドとサブバンドが同じバンドの場合や異なるバンドの場合でも同時に受信することができます。送信中は、どちらの受信部も動作を停止します。また、バンドスコープ回路は、操作対象のバンドとは無関係にメインバンド受信部からの信号、またはサブバンド受信部からの信号を選択することができ、送信中の IF 信号を選択して送信信号の様子（FM 変調波以外）を表示させることもできます。

コンバージョン方式

メインバンド受信部

受信機にとって大切なことは、より早い段階で狭いフィルターにより妨害波を除去し、それに続く回路に目的信号を受け渡すことです。選択特性の良いフィルターを使用して妨害波を早く除去すると、以降の回路での歪の発生を未然に防ぎ、実用上の妨害特性を向上させることにつながります。多数の妨害波が通過する第一ミキサーでは、高いインターセプトポイント（以下 IP）特性が要求されます。

TS-990 のメインバンド受信部を開発するにあたり、選択特性および高 IP 特性に優れたルーフィングフィルターの採用を最優先課題にしました。そこで、第一 IF 周波数を 8.248 MHz で構成するフルダウン・コンバージョン方式（ここでいうダウンコンバージョンとは、従来の 73 MHz 帯のような高い第一 IF 周波数を使用した構成ではなく、8 MHz 帯や 11 MHz 帯のような、低い第一 IF 周波数を採用した構成を意味しています）を採用しました。低い IF 周波数とすることにより、急峻な減衰特性のフィルターを採用でき、近接妨害信号に強い性能が確保できました。

これに伴う次の課題は、メインバンド受信フロント部に配置されるバンドパス・フィルターです。低い第一IF 周波数を採用するとイメージ周波数での妨害やスプリアス受信が発生しやすくなるため、より急峻な減衰特性を持つ多数のバンドパス・フィルターを設けることが必要となります。「メインバンド受信部のバンドパス・フィルター分割方法」の表に示すとおり、15 経路のバンドパス・フィルターに分割し、主要アマチュアバンド（1.8 MHz、3.5 MHz、7 MHz、14 MHz、21 MHz）には急峻なスカート特性や高い IP 特性を有するトロイダルコイルを採用しました。また、他の WARC バンドを含むアマチュアバンドのバンドパス・フィルターにも、Q（クオリティファクター）が高く、かつ耐歪み特性の良い部品を積極的に採用した設計となっています。

メインバンド受信フロント部の信号経路に配置される歪み要因素子を排除するため、主要アマチュアバンドのバンドパス・フィルター、プリセレクター、プリアンプ、ポストアンプおよびルーフィングフィルターをリレーで切り替える方式を採用しました。これは、通過損失の低減や信号経路間のアイソレーションの向上にも有効です。

Table 1. メインバンド受信部のバンドパス・フィルター分割方法

バンド	フィルター帯域幅
LF	30～522 kHz
BC	522 kHz～1.705 MHz
1.8 MHz	1.705～2.5 MHz
3.5 MHz	2.5～4.1 MHz
5 MHz	4.1～6.0 MHz
7 MHz	6.0～7.5 MHz
10 MHz	7.5～10.5 MHz
14 MHz	10.5～14.5 MHz
18 MHz	14.5～18.5 MHz
21 MHz	18.5～21.5 MHz
24 MHz	21.5～26.5 MHz
28 MHz	26.5～35 MHz
35 MHz	35～40 MHz
40 MHz	40～46.5 MHz
50 MHz	46.5～60 MHz

「メインバンド受信部のフロント部のブロックダイアグラム」の図に、メインバンド受信部のフロント部のブロックダイアグラムを示します。

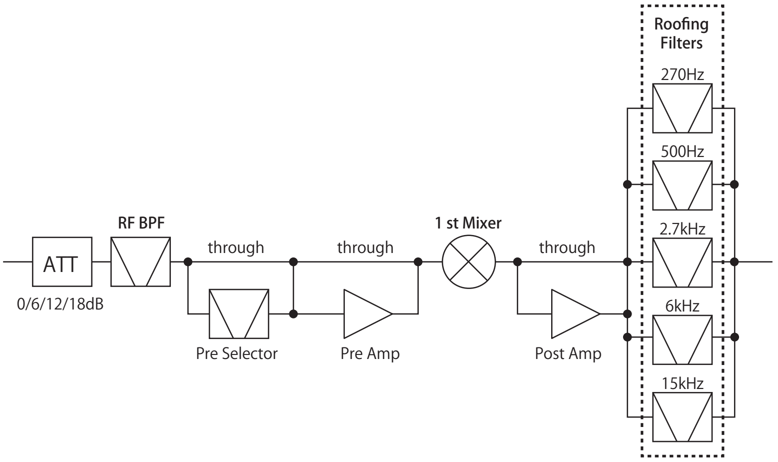


Fig. 5.　メインバンド受信部のフロント部のブロックダイアグラム

アンテナから受信した信号は、アンテナ切替回路を経由してメインバンド受信部に入ります。選択されたバンドのバンドパス・フィルターにより帯域外妨害信号が除去され、受信信号はプリアンプにより増幅され、第一ミキサーにより第一 IF 信号（8.248 MHz）に変換されます。第一ミキサーについては後述します。第一 IF 信号は、バンドスコープ分岐回路およびプリアンプと連動するポストアンプを介してルーフィングフィルターに入力され、近傍に現れる帯域外妨害信号を除去します。ルーフィングフィルターについても後述します。

ルーフィングフィルターに続くブロックダイアグラムを以下の「メインバンド受信部 IF 段のブロックダイアグラム」の図に示します。第一 IF 信号は、AGC アンプと第一 IF アンプを経由したあと、第二ミキサーにより第二 IF 信号（24 kHz）に変換されます。第二 IF 信号は、第二 IF アンプを介してベースバンド信号として DSP に入力され、 AGC やフィルターなどの IF 処理から復調、音声信号処理など、さまざまな信号処理が行われます。FM モードの場合、第一 IF 信号（8.248MHz）が FM システム IC へ入力され、検波された AF 信号が DSP に入力され、音声信号処理が行なわれます。

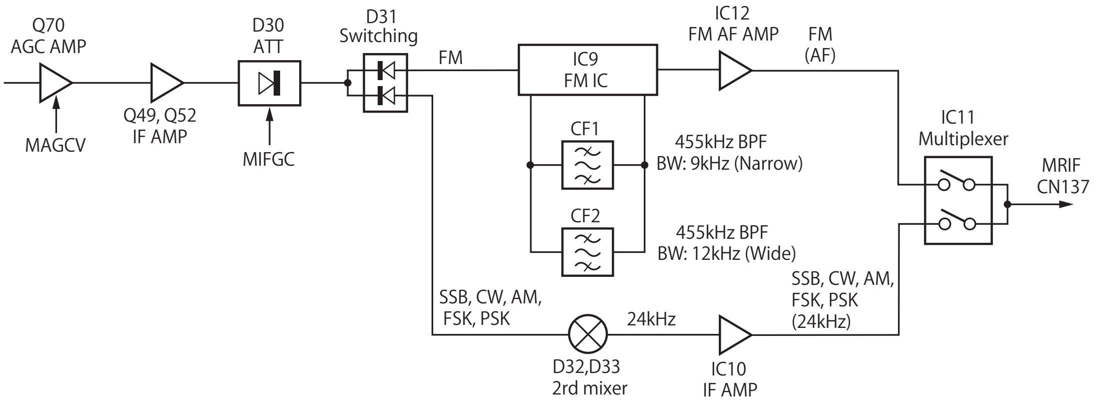


Fig. 6.　メインバンド受信部 IF 段のブロックダイアグラム

サブバンド受信部

サブバンド受信部には、TS-590 の受信部をブラッシュアップして搭載しています。主要アマチュアバンド（1.8 MHz、3.5 MHz、7 MHz、14 MHz、21 MHz）ではダウンコンバージョンとなる回路構成です。下記の「ダウンコンバージョンとなる条件」の表に示す条件以外ではアップコンバージョンの周波数構成となり、ゼネカバ受信にも対応しています。

Table 2. ダウンコンバージョンとなる条件

バンド	1.8 MHz（1.705～2.1 MHz） 3.5 MHz（3.4～4.1 MHz） 7 MHz（6.9～7.5 MHz） 14 MHz（13.9～14.5 MHz） 21 MHz（20.9～21.5 MHz）
帯域幅	2.7 kHz 以下
モード	SSB、CW、FSK

「サブバンド受信部のフロント部のブロックダイアグラム」の図に、サブバンド受信部のフロント部のブロックダイアグラムを示します。アンテナから受信した信号は、アンテナ切替回路を経由してサブバンド受信部に入ります。12 経路に分割されたバンドパス・フィルターにより帯域外妨害信号を除去し、プリアンプで信号を増幅した後に、第一ミキサーに入力されます。第一ミキサーはダウンコンバージョン用、アップコンバージョン用とでそれぞれ独立しており、信号経路条件によって切り替わります。

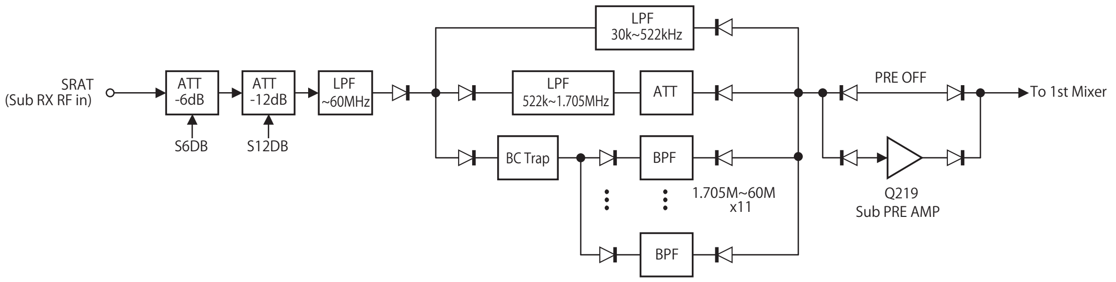


Fig. 7.　サブバンド受信部のフロント部のブロックダイアグラム

「サブバンド受信部における IF 回路のブロックダイアグラム」の図は、サブバンド受信部における IF 回路のブロックダイアグラムを示しています。ダウンコンバージョン用ミキサーにより変換された第一 IF 信号（11.374 MHz）は、バンドスコープ分岐回路と MCF を通過して第二 IF 信号として処理されます。一方、アップコンバージョン用ミキサーにより変換された第一 IF 信号（73.095 MHz）は、バンドスコープ分岐回路、MCF および第一 IF アンプを通過し、第二ミキサーにより第二 IF 信号（10.695 MHz）となります。

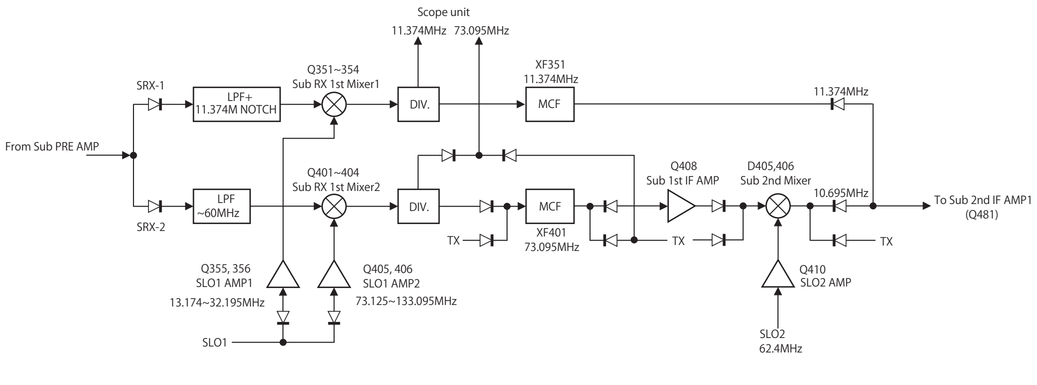


Fig. 8.　サブバンド受信部における IF 回路のブロックダイアグラム

その後、経路の異なる第二 IF 信号は、第二 IF アンプや NB ゲートを通過してルーフィングフィルターに入力され、近傍に現れる帯域外妨害信号が除去されます。「サブバンド受信部におけるルーフィングフィルターの外観写真」は、ルーフィングフィルター群です。第二 IF 信号は、AGC アンプおよび第二 IF アンプを通過し、そして第三ミキサーにより第三 IF 信号（24 kHz）に変換されます。第三 IF 信号は、第三 IF アンプを通過してベースバンド信号として DSP に入力され、IF 処理から復調、音声信号処理など、さまざまな信号処理が行われます。FM モードの場合、第二 IF 信号（10.695 MHz）が FM システム IC へ入力され、検波出力された AF 信号が DSP に入力され、音声信号処理が行われます。

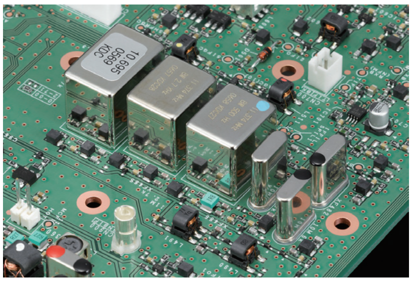


Fig. 9.　サブバンド受信部におけるルーフィングフィルターの外観写真

プリセレクター

メインバンド受信部のフロント部に配置されたバンドパス・フィルターでは排除しきれない帯域内妨害信号を、狭帯域なフィルターで減衰させたり、必要な信号のみを取り出したりすることを目的としたプリセレクターを用意しました。「プリセレクターの単位共振回路」の図は、内部の共振回路を示します。高精度のコンデンサーやトロイダルコイルなどをリレーで切り替える方式を採用して、HF 帯のアマチュアバンド内で受信周波数に応じて細かく同調周波数を切り替えることを可能としました。「対応バンドおよびステップ周波数の仕様」の表は、対応するバンドやステップ周波数を示しています。

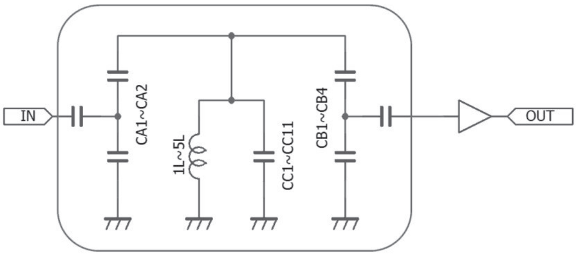


Fig. 10.　プリセレクターの単位共振回路

Table 3.　対応バンドおよびステップ周波数の仕様

バンド	動作範囲	ステップ周波数	3 dB 通過帯域幅
1.8 MHz	1.79750 ～ 2.00499 MHz	2.5 kHz	20 kHz
3.5 MHz	3.49250 ～ 4.01749 MHz	7.5 kHz	50 kHz
5 MHz	5.24000 ～ 5.46999 MHz	10.0 kHz	100 kHz
7 MHz	6.98000 ～ 7.33999 MHz	20.0 kHz	120 kHz
10 MHz	9.98000 ～ 10.17999 MHz	20.0 kHz	220 kHz
14 MHz	13.95000 ～ 14.44999 MHz	50.0 kHz	620 kHz
18 MHz	18.01800 ～ 18.26799 MHz	50.0 kHz	880 kHz
21 MHz	20.90000 ～ 21.69999 MHz	100.0 kHz	880 kHz
24 MHz	24.79000 ～ 25.18999 MHz	100.0 kHz	1120 kHz
28 MHz	27.90000 ～ 29.89999 MHz	100.0 kHz	1170 kHz

振幅特性は、急峻な単峰型です。大型で損失の少ないコイルを選定していますが、どうしても大きな通過損失を伴うため、後段に損失を補うアンプを設けています。このアンプと連動して信号レベルを補正することにより、S メーターの変動を抑えています。また、受信ノイズレベルの増加を防ぐため、プリアンプとは連動しない仕様となっています。このため、プリセレクターをオンにするとプリアンプがオフに切り替わってしまいます。

「振幅特性」の図にプリセレクターの振幅特性の代表例を示します。

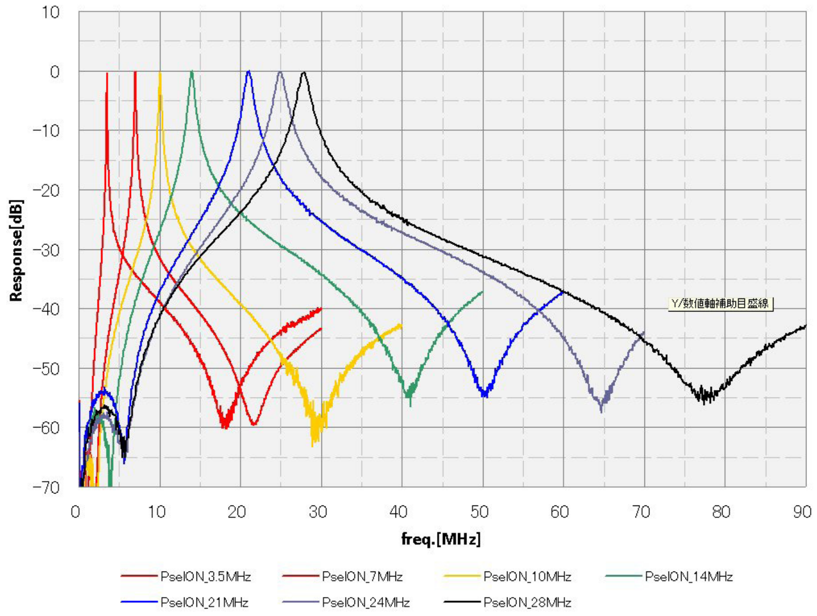


Fig. 11. 振幅特性

[P.SEL] キーを押してプリセレクターをオンにすると、工場出荷時に設定されたリレー動作のロジックにより波形成形された同調フィルターが、メインバンドで受信するときの表示周波数に追従して動作します。更に、**[P.SEL]** キーを長く押すと、最大 ±20 ステップまで同調フィルターの中心周波数を移動させることができます。強力な近接妨害信号により希望信号が抑圧されたときなどに、中心周波数を妨害信号とは逆の方向に移動させると、希望波も減衰する代わりに妨害波のレベルを減衰させることができるので、少しでも妨害を軽減させる場合に有効です。

新規採用のミキサー

第一ミキサーは、最も検討に時間を費やしたメインバンド受信部のブロックです。従来の J-FET を使用したダブルバランスド・ミキサーでは、どうしても要求された IP3 特性を満足させることができませんでした。

そこで、従来とは異なるダブルバランスド・グランデッドスイッチ方式の「H-mode mixer」と呼ばれるミキサーを採用しました。この回路は、信号経路の GND 終端部をオンまたはオフにする方式で、歪みの少ないミキサーを実現しました。

スイッチ素子にはバススイッチを使用し、低電力の局発信号のみによってオンまたはオフにさせます。ミキサーの RF 入力と IF 出力には、耐歪み特性を持つ大型のバルントランスを使用し、巻線方法や透磁率の異なるコア材の選定についても検討を重ねました。更に、ミキサー後段には、ダイプレクサー回路を挿入して、ルーフィングフィルターまでのインピーダンスを広帯域に安定させています。

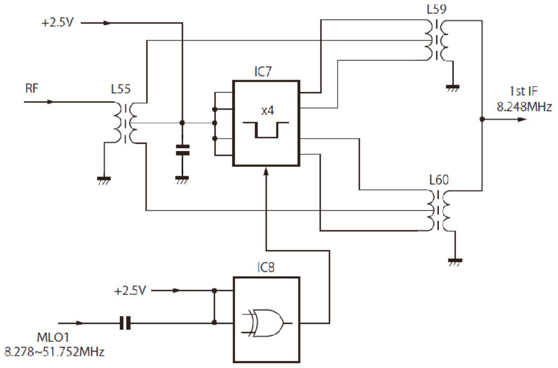


Fig. 12. ダブルバランスド・グランデッドスイッチ方式のミキサー

ルーフィングフィルター

ルーフィングフィルターとは

メインバンド受信部で最重要となるルーフィングフィルターについて解説します。ルーフィングフィルターとは、「Roof」、つまり受信機の中間周波数（IF）回路として天井に位置するフィルターを意味します。言い換えれば、中間周波数に変換してから最初に通過する狭帯域フィルターを指します。受信した信号には目的信号以外に、隣接した周波数に多数の強力な信号を含みますので、これらを手前の回路の早い段階で減衰させると、それに続く増幅回路で歪みにくくさせることができます。高性能な第一ミキサーで得られる高いインターセプトポイントは、このルーフィングフィルターで減衰する希望波より少し離れた周波数の領域で真価を発揮します。ルーフィングフィルターを通過してしまった近接信号のレベルが高いと、後段のIFアンプやミキサー等で歪が発生するため、近接周波数でのダイナミックレンジが低下します。ルーフィングフィルターを必要最小限まで狭く、かつより急峻に減衰させるのはこのためです。

メインバンドでは8.248 MHz、サブバンドでダウンコンバージョンのときは 11.374 MHzの第一 IF 周波数を選択したことで、狭帯域で減衰特性が良く、かつ温度による特性の変化の小さいフィルターを採用することができました。

補足：

◆ たとえば 73 MHz のように高い周波数で狭帯域のフィルターを構成することも可能ですが、そのようなフィルターは温度による特性の変化が大きく、かつ減衰量増加などの問題があり、実用的ではありません。

メインバンド・ルーフィングフィルター

フルダウン・コンバージョン方式により実現した高 IP 特性を有する狭帯域フィルターとして、5 種類のルーフィングフィルターを用意しました。「メインバンド受信部ルーフィングフィルターの外観写真」の図に、ルーフィングフィルター群の外観写真を示しました。写真右下より、帯域幅が 15 kHz、6 kHz、2.7 kHz、500 Hz、270 Hz の順に並んでいます。帯域幅が 15 kHz と 6 kHz のフィルターは、4 ポールのモノリシック水晶フィルター（MCF）です。帯域幅が 2.7 kHz のフィルターは、6 ポールのモノリシック水晶フィルターです。そして、帯域幅が 500 Hz と 270 Hz のフィルターは、ラダー型の構成とすることにより帯域内通過損失を抑えて帯域外近傍スカート特性を急峻に形成されたフィルターです。ラダー型フィルターの振幅特性を「帯域幅: 500 Hz での振幅特性」および「帯域幅: 270 Hz での振幅特性」の図に示します。

メインバンド受信部のルーフィングフィルターは、運用モードに関係なく選択することができます（FM モードを除く）。**[FIL/SEL]** (M) キーを長く押すとメインディスプレイに受信フィルター画面が表示されます。この画面でルーフィングフィルターを選択することができます。

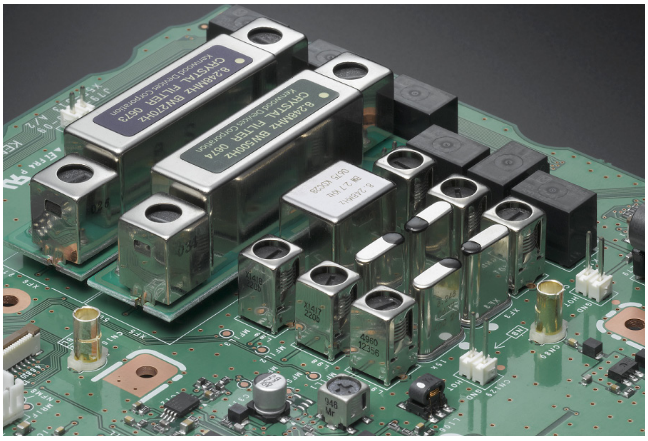


Fig. 13. メインバンド受信部ルーフィングフィルターの外観写真

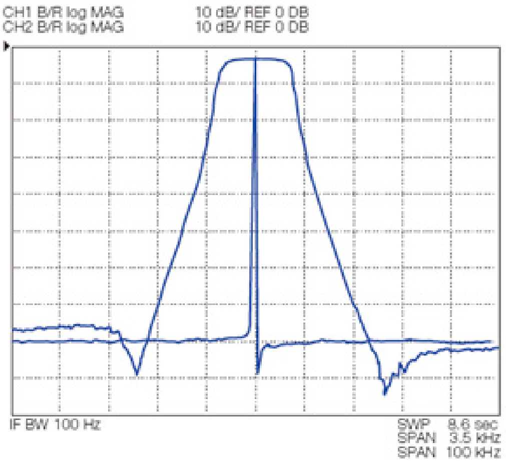


Fig. 14. 帯域幅: 500 Hz での振幅特性

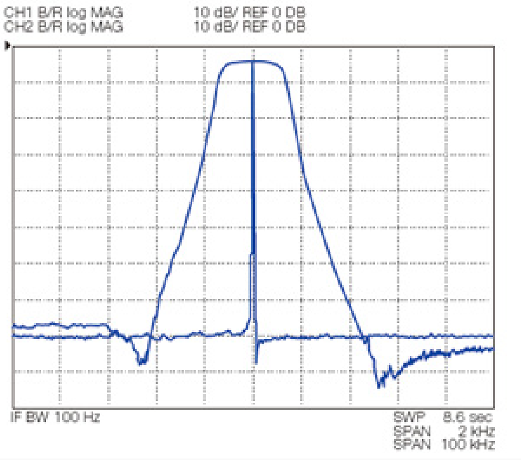


Fig. 15. 帯域幅: 270 Hz での振幅特性

アディショナル・ルーフィングフィルター

TS-990 のメインバンド受信部には、5 種類のルーフィングフィルターに加えてルーフィングフィルターを搭載するためのスロットを設けてあります。（当社にはアディショナル・ルーフィングフィルターを商品化する計画はありません。）

Fig. 16. アディショナル・ルーフィングフィルター取付場所

ルーフィングフィルターを追加した場合は、アドバンストメニュー 6「Bandwidth (Additional Roofing Filter)」で初期値「Off」から任意のフィルター帯域幅に変更し、それから **[FIL/SEL]** (M) キーを長く押して受信フィルター画面を表示させます。この画面で「Roof」の設定を「Add.」に変更すると、アディショナル・ルーフィングフィルターを使用することができます。「Roof」に「Auto」が設定されている場合は、IF フィルターの帯域幅に応じてアディショナル・ルーフィングフィルターが優先して選択されるようになります。

内蔵のルーフィングフィルターは、IF 段の PIN ダイオード型アッテネーターによりゲインが補正されているため、フィルター有無による S メーターの振れに差が生じません。しかし、アディショナル・ルーフィングフィルターを使用する場合は、通過損失の違いによる S メーターの振れを補正する必要があります。なるべく安定した信号強度の信号を受信しながら、アドバンストメニュー 7「Attenuation (Additional Roofing Filter)」でアディショナル・ルーフィングフィルターの減衰量を変更してください。「電気的諸元」の表にアディショナル・ルーフィングフィルターの電気的諸元（参考値）を、「寸法図（参考）」の図に寸法図（参考）を示します。

Table 4. 電気的諸元

中心周波数	8.248 MHz
帯域幅（-6 dB）	300 Hz～3500 Hz
終端インピーダンス	50 Ω
挿入損失	8 dB 以下

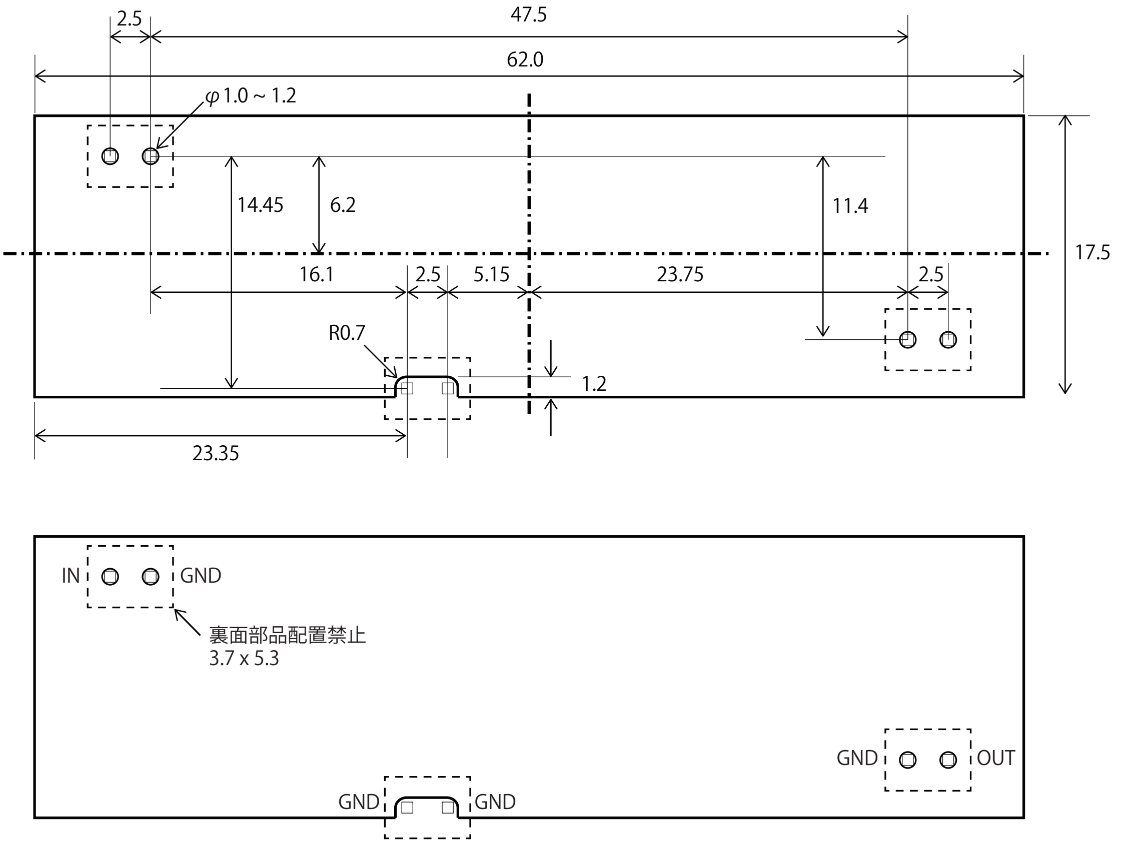


Fig. 17. 参考寸法図（単位：mm、上から見た図）

近接妨害特性

「IP3 特性の比較」図は、TS-990 のメインバンド受信部（橙色）と当社従来機（灰色）とを比較しています。IP3 特性そのものを +40 dBm クラスに向上させただけでなく、受信周波数から 2 kHz ～ 10 kHz の範囲の近接妨害信号に対しても同等な IP3 特性が得られていることが分かります。またダイナミックレンジについても、TS-590 の 105 dB クラスを上回る 110 dB クラスを実現しています。

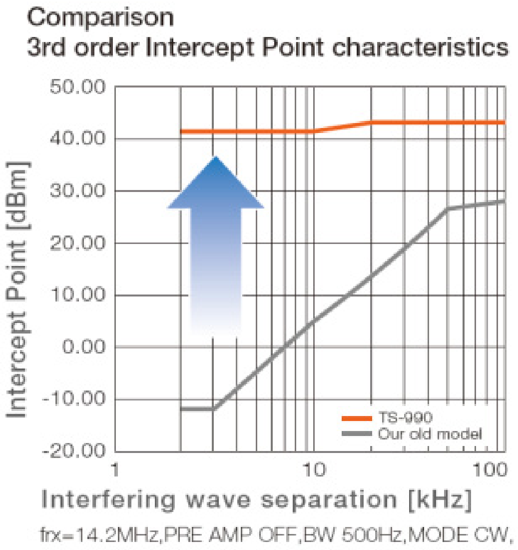


Fig. 18. IP3 特性の比較

補足：

- ◆横軸は、妨害信号周波数（二波）の目的信号に対するセパレーションを表示しています。10 kHz では妨害波 1 が受信周波数 +10 kHz、妨害波 2 が受信周波数 +20 kHz を意味します。
- ◆この測定結果は一例であり、それぞれの製品の性能を保証するものではありません。
- ◆この測定は ARRL が公開している測定法に準じています。

AGC 回路

アナログ AGC

高い近接ダイナミックレンジ特性を実現するためには、AD コンバーターの能力を限界まで使えるように、アナログ AGC 回路を併用します。この AGC 回路には、ローノイズでダイナミックレンジが広く、かつ広い制御レンジと制御に対する直線性が求められます。TS-990 では、「デュアルゲート MOSFET 使用の AGC 回路」の図に示すデュアルゲート型 MOSFET を使用した AGC 回路の採用と、DSP による補正処理との組み合わせにより、精度の高い AGC 応答特性を実現しました。

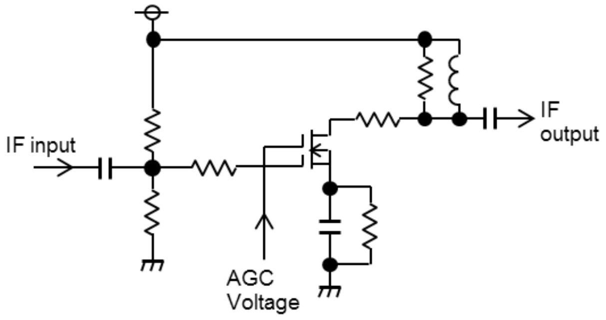


Fig. 19. デュアルゲート MOSFET 使用の AGC 回路

「制御電圧対 AGC 応答特性」の図は、デュアルゲート型 MOSFET の回路構成による、制御電圧対 AGC 応答の特性グラフを示しています。十分な制御量、ダイナミックレンジおよび直線性が確保されています。

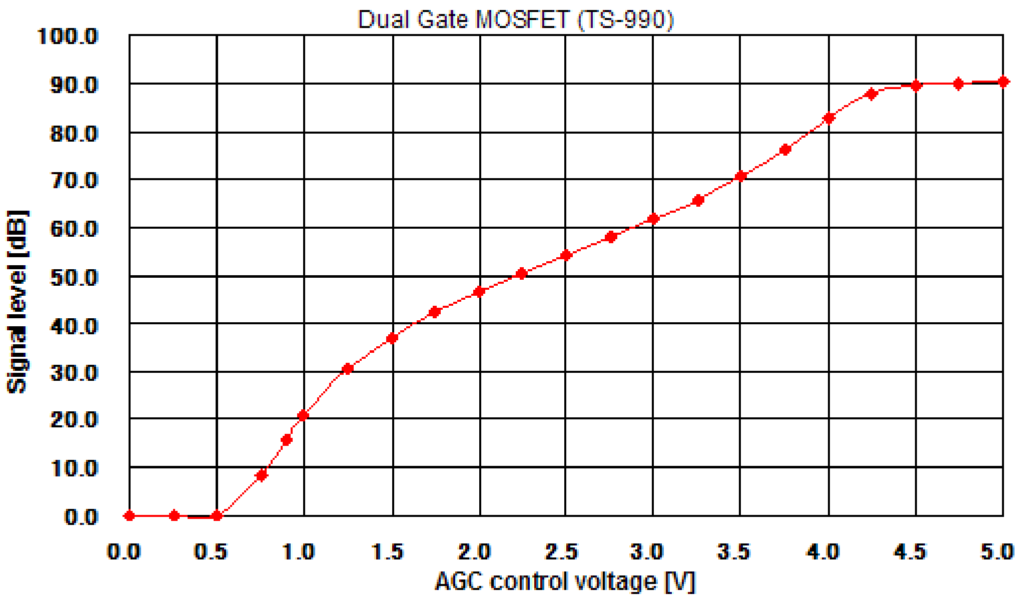


Fig. 20. 制御電圧対 AGC 応答特性

ゲイン配分を最適化

メインバンド受信部で肝要なブロックとなり、かつ新規に採用したミキサーには、従来のミキサーよりも比較的大きい変換損失があります。そのため、プリアンプが動作するときにミキサー出力に設けたポストアンプが連動する回路構成になっています。**[P.AMP]** キーを押すと、21.5 MHz 未満の受信帯域ではプリアンプ 1 とポストアンプにより約 14 dB、また、21.5 MHz 以上の受信帯域ではプリアンプ 2 とポストアンプにより、約 18 dB 受信感度が改善します。

帯域外の減衰量は、選択性の良いルーフィングフィルターにより充分に得られています。そのため、後段にアナログ AGC 回路やゲインが高い IF アンプを配置して、歪みのない IF 信号をベースバンド信号として DSP へ供給することができます。

S メーターの振れ方

IARU（Internatioal Amateur Radio Union）の標準スケールでは、S9 時の S メーターレベルは、 -73 dBm とされています。しかし、当社では、S メーターの振れは、どの機種でも 14 MHz 帯でプリアンプをオンにした状態で S9 時の S メーターレベルが -81 dBm になるように統一されています。TS-990 も、従来機種をお使いのオペレーターに違和感を与えないような振れ方にしています。

プリアンプをオフにするとゲインが下がると共に S メーターの振れが下がります。プリアンプによるゲインの変化は、21 MHz 帯までのアマチュアバンドでは約 12 dB、それより高域では約 20 dB です。

「S メーターレベル」の表に S メーター表示レベルを示します（S メーターレベルは、14 /50 MHz 帯の S1、S9 および S9+60 で調整されています。）。

FM モードでは、メニュー 0-08「FM Mode S-meter Sensitivity」で従来機種と同じ設定（High）または S メーター感度を下げた設定（Low）を選択することができます。

Table 5. S メーターレベル（参考値）

S メーター	0.03～21.5 MHz	21.5～60 MHz	FM （ハイ）	FM（ロー）
S1（3 ドット）	-107.0 dBm	-114.0 dBm	-117.0 dBm	-117.0 dBm
S3（11 ドット）	-100.5 dBm	-107.5 dBm	-114.4 dBm	-112.8 dBm
S5（19 ドット）	-94.0 dBm	-101.0 dBm	-111.8 dBm	-108.5 dBm
S7（27 ドット）	-87.5 dBm	-94.5 dBm	-109.2 dBm	-104.3 dBm
S9（35 ドット）	-81.0 dBm	-88.0 dBm	-106.6 dBm	-100.0 dBm
S9+20（48 ドット）	-61.0 dBm	-68.0 dBm	-102.4 dBm	-93.2 dBm
S9+40（59 ドット）	-41.0 dBm	-48.0 dBm	-98.9 dBm	-87.4 dBm
S9+60（70 ドット）	-21.0 dBm	-28.0 dBm	-95.0 dBm	-81.0 dBm

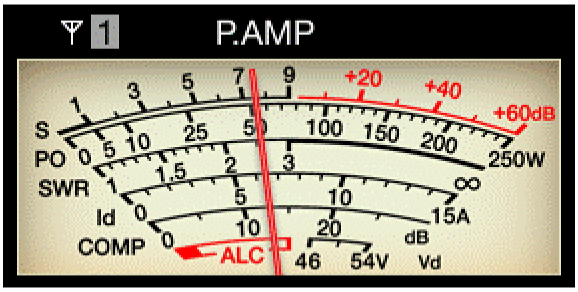


Fig. 21. S メーター表示（アナログ）

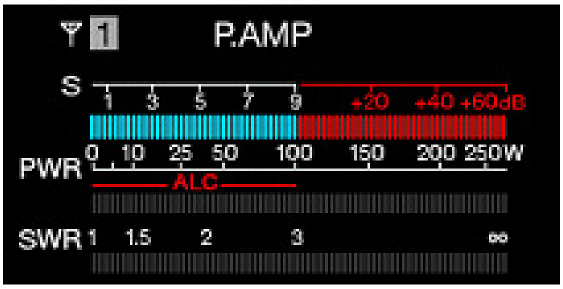


Fig. 22. S メーター表示（デジタル）

ノイズレベルについて

プリアンプは、ゲインと内部雑音によりプリアンプをオンにすると感度が上がるだけでなく、Sメーターが振れやすくなり、かつノイズレベルが上がります。プリアンプをオフにすると感度は下がりますが、IP特性が改善し、ノイズレベルが下がり、かつSメーターも振れにくくなります。さらに、ゲインや感度、Sメーターの振れ、ノイズレベルなどが程よく変化するように、IF ゲインを補正しています。

21.5 MHz 未満のバンドでプリアンプをオンにした場合は、ノイズレベルがあまり大きくなりません。しかし、21.5 MHz 以上のバンドでプリアンプをオンにした場合は、ノイズレベルが比較的大きくなります。

RF ゲインの調整について

当社 HF 帯トランシーバーでは、感度、S メーターの振れ方、プリアンプのゲイン、ゲインの補正等、一貫した思想でレベルを配分しています。アンテナからの入力レベルが低い場合にはノイズ（内部雑音）が目立つこともあります。ノイズが目立つ場合は、IF ゲインを下げるとノイズレベルを下げることができます。そのための手段として、**[RF]** ツマミが用意されています。**[RF]** ツマミを左に回すと IF ゲインが下がるので、ノイズレベルを低くすることができます。ゲインを少々絞っても、受信感度は変化しません。また、S メーターには AGC と **[RF]** ツマミによりゲインを下げた量が表示されるため、ゲインを下げた分だけ S メーターが振れます。AGC が作動する範囲では、S メーターの感度は変わりません。

[RF] ツマミを 3 時の位置に調整すると、IF ゲインは最大のときより約 6 dB 下がり、無信号でのノイズレベルも約 6 dB 下がります。ゲインの低下により、S メーターは S3 付近まで振れます。6 dB のゲイン低下だと感度はほとんど変化なく、S メーターが振れるような通常の信号を受信したときの受信音量は変化しません。ノイズレベルが気になる場合は、RF ゲインを調整してください。

AGC オフについて

AGC のアタックタイム、リリースタイムやホールドタイムなどの各種時定数は、実際の電波に合わせて最適な状態にチューニングされています。しかしながら、ノイズに埋もれがちな信号を受信する場合など、AGC の動作を止めると聞きやすくなる場合があります。このようなときは、**[AGC OFF]** キーを押すと AGC をオフにすることができます。

AGC をオフにすると信号レベルは一定音量に制御されなくなり、スピーカーから大音量が発生することがあります。AGC をオフにする前に確認メッセージが表示されるのは、大音量への注意を促すためです。

AGC をオフにする前に RF ゲインを調整します。S メーターが振れるレベルの信号では、**[RF]** ツマミを左に回して S メーターの振れよりも少しだけ大きく振れるように、RF ゲインを下げます。こうすることで、AGC をオフにしたときに大音量が発生することを防ぐことができます。

AGC がオフのときに大きな信号が入力されると、S メーターは RF ゲインで設定したレベル以上には振れず、受信音量はあるレベルまで増加します。しかし、そのレベルを超えると受信音量は頭打ちとなり、急激に歪が発生します。これは、DA コンバーターや信号処理の過程で許容レベルを超えないように、制限するためです。

ノイズブランカー

NB1/NB2 の特徴

TS-990 のノイズブランカーにはアナログ処理をしている NB1 並びに DSP でデジタル処理をしている NB2 があります。

NB1 はイグニッションノイズなどの周期の短いパルスで効果があります。NB2 はアナログノイズブランカー（NB1）が追従できないようなノイズに対して効果があります。「ノイズブランカー回路（NB1）ブロックダイアグラム」の図は、アナログノイズブランカー（NB1）のブロックダイアグラムです。

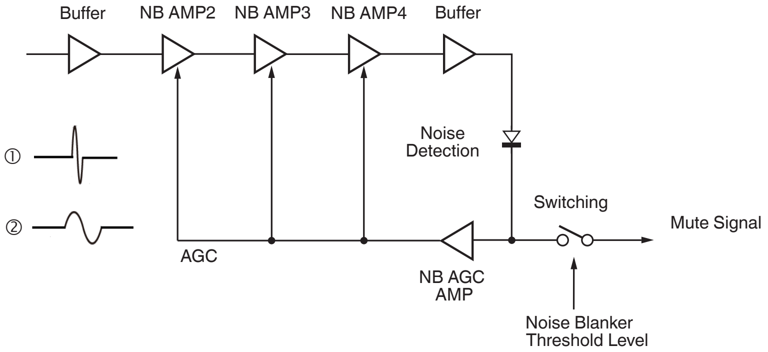


Fig. 23. ノイズブランカー回路（NB1）ブロックダイアグラム

NB1 は、弱いノイズに対して効果があった従来機種の流れを引き継いだ回路構成になっています。パルス信号は、狭帯域フィルターを通過するとノイズの波形が変化してしまい、パルスの幅が広くなります。そのため、パルスノイズの影響を受けないルーフィングフィルターの前段で信号を取り出したり、スイッチ回路が動作したりするようになっています。

たとえば、図の ① のように周期が短いパルスを入力した場合は、ノイズブランカー回路にある AGC が反応しないため、スイッチが作動しミュートした信号が出力されます。

逆に、図の ② のような周期の長いパルスを入力した場合は、AGC 回路が動作してゲインが補正されるため、スイッチが作動せず、信号はミュートされません。

NB1 効果は、メインバンドは **[NB1]** ツマミを回して、サブバンドは **[NB1/SEL]** キーを押して調整します。表示されている数値が大きいほど、ノイズに対する効果は大きくなっていきます。

DSP によるデジタルノイズブランカー（NB2）では、目的信号が強い場合やルーフィングフィルターの帯域が狭いときなど、ノイズブランカーの効果が得にくい場合があります。しかし、CW モードにおいて 500 Hz 以下の帯域幅とした場合でも、意外な効果を発揮できる場面があります。これは、NB2 がパルスの長さに応じて自在にブランキング時間に適応するように動作するからです。

NB2 は、NB1 では除去できないようなパルス幅の長いノイズの中に埋もれた弱い目的信号を拾い出すときに効果を発揮します。NB2 については、第6章 DSP で説明します。

● NB/NR の使い方

「NB 混変調」という言葉を聞きます。これは、ノイズブランカーが目的信号や近接の信号をノイズパルスと誤認識して動作する状態を意味しています。これは、フロントエンドの性能とは関係ありません。

誤動作が起きると、目的外の信号に応じて消えるべきノイズが浮かび上がってくる（CW だとキーイングに応じてノイズが浮かび上がってくる）状態と、目的の信号が歪んで聞こえるような状態の二通りがあります。

前者は、目的信号が比較的強力な場合や近接した周波数に強い信号が現れた場合にノイズブランカーの効果が無くなることにより発生します。これは、強い信号によりノイズブランカーの AGC が動作してノイズアンプのゲインが下がるためです。信号とパルスノイズのレベルが拮抗している場合は、アッテネーターを挿入したり、プリアンプをオフにしてフロント部のゲインを下げたりするとノイズブランカーの効果が回復することがあります。

後者は、ノイズブランカーのレベルを上げると発生しやすくなります。これは、トレードオフですから、やむを得ない現象です。受信信号が歪むように感じたら、ノイズブランカーをオフにして受信音確認し、歪が改善する場合はノイズブランカーのレベルを調整します。

その他の付属回路

中波帯感度アップ

TS-990 では、従来の機種と同様に中波帯（522 kHz〜1.705 MHz）に約 20 dB のアッテネーターを挿入してあります（出荷時にはこのアッテネーターにより感度が約 20 dB 下がります）。中波帯では強い電波が多く、ローバンド用アンテナでは中波帯の信号入力が過大となることがあります。このアッテネーターは、そのような強力な中波帯の電波を受信しても歪が少なくクリアに受信できるようにする目的で挿入しています。メインバンドとサブバンドそれぞれにアッテネーターが挿入されているので、基板内のジャンパーピンを差し替えることで、アッテネーターをスルーにし、感度を上げることもできます。

「メインバンド用ジャンパーピン配置」の図は、RX ユニットに配置されているメインバンド用アッテネーターのジャンパーピン周辺部分を示し、「サブバンド用ジャンパーピン配置」の図は TX-RX ユニットに配置されているサブバンド用アッテネーターのジャンパーピン周辺部分を示します。TS-990 の下ケースを取り外すとTX-RX ユニット、さらに中央のシールド板を取り外すと RX ユニットがあります。（下ケースを取り外す場合は、必ず上ケースを先に取り外してください。作業が終わったら下ケースを先に取り付けて、後から上ケースを取り付けます。この順番で作業しないと、ケースに傷が付くおそれがあります。）

Table 6. 中波帯用 ATT

	メインバンド	サブバンド
NORM（ATT: 20 dB）	CN 60	CN 220
DX（ATT:スルー）	CN 50	CN 210

Fig. 24. メインバンド・ジャンパーピン配置

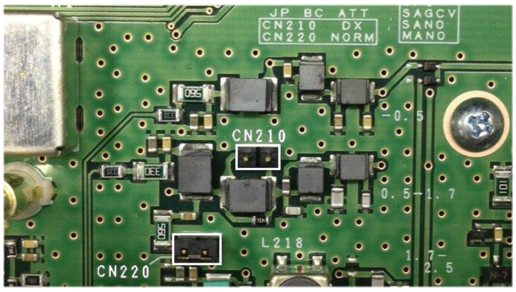


Fig. 25. サブバンド・ジャンパーピン配置

ジャンパーピンは、出荷時には「NORM」の位置に挿されています。このジャンパーピンを「DX」側に差し換えると、アッテネーターがスルーされ、中波帯の感度を約 20 dB 上げることができます。

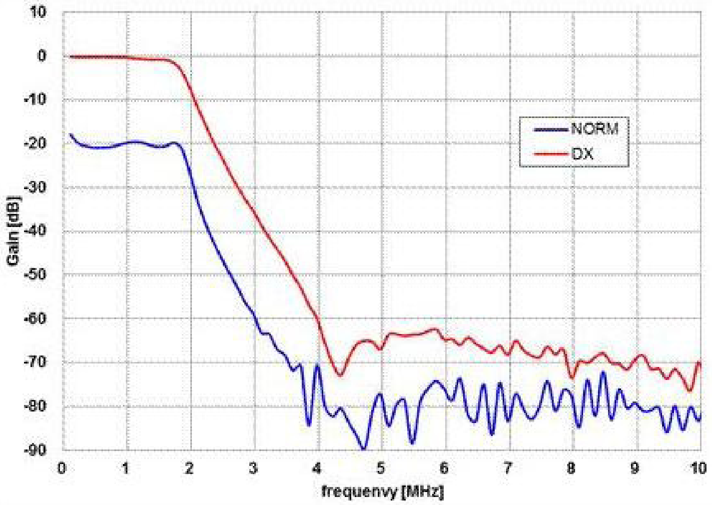


Fig. 26. 中波帯バンドパス・フィルター特性

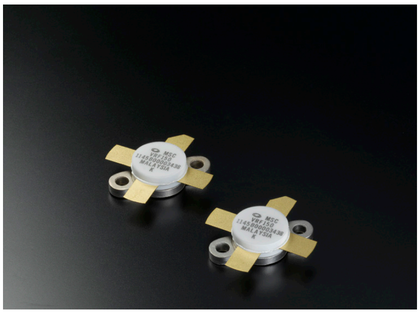
クリーンで安定した 200 W 出力を支える IF 回路

DSP で変調や各種信号処理された信号が D/A コンバーターより 24 kHz の送信第一 IF 信号として出力され、ミキサー専用 IC で 10.695 MHz に変換されます。この 10.695 MHz の第二 IF 信号は、帯域幅 6 kHz の IF フィルターを通過して帯域外の不要な成分を減衰させた後に増幅されます。次に、第二 IF 信号はバンドごとのゲインの差を補正するゲイン制御回路を通過し、送受信共用のミキサーへ入り 73.095 MHz の第三 IF 信号に変換されます。この後、設定された送信出力ごとに必要なゲインに補正するゲイン制御回路を通過します。さらに不要なスプリアス成分を除去するフィルターを通過した後、安定した送信出力に制御する ALC 回路を通過し、目的の送信周波数に変換するミキサー回路に送られます。また、CW モードでキーダウンしていないときには、アンプのゲインを低下させます。このように、状況に応じて細かくゲインを制御することで、ローノイズで高品位な送信電波を実現することができます。目的の送信周波数となった信号は、送信帯域外で妨害信号を発生しないようにスプリアス除去用のバンドパス・フィルターを通過し、さらに所定のレベルまで増幅してファイナル回路へ送り込まれます。ここで得られるドライブ信号を、**DRV** 端子から取り出すことも可能です（DRV 出力選択時）。

FET ファイナル回路

TS-990 のファイナルアンプには、定評のある MOS 型 FET VRF150MP（Pch 300 W）を採用し、プッシュプル方式で構成しています。この FET は、マイクロセミ社製で、Vth 特性により選別された同じランクの VRF150 2 個を一対としたもの（マッチド・ペア）です。特性の揃った FET をプッシュプル方式で接続することにより、良い IMD 特性や高い安定度を実現することができます。MOS 型 FET RD100HHF1 をドライブアンプに、MOS 型 FET RD06HHF1 をプリ・ドライアンプに使用しています。

電源電圧 50 V のファイナル回路を構成することで、低歪かつ安定した連続運用に対応します。



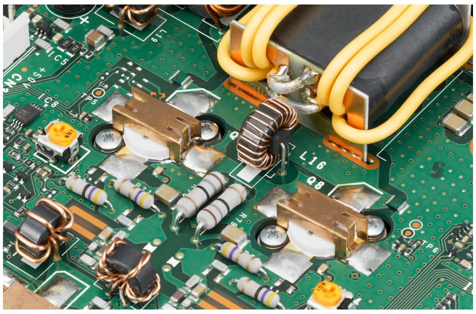


Fig. 27. マイクロセミ社製FET とファイナルアンプ

「送信 IMD 特性（14.2 MHz 出力 200 W）」と「送信スプリアス特性（14.2 MHz 出力 200 W）」の図は、IMD 特性のグラフと高調波スプリアス特性のグラフです。優れた歪特性とクリーンな出力とが得られています。

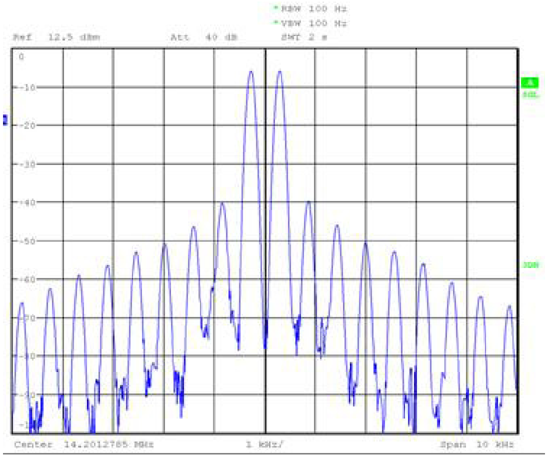


Fig. 28. 送信 IMD 特性（14.2 MHz 200 W 出力）

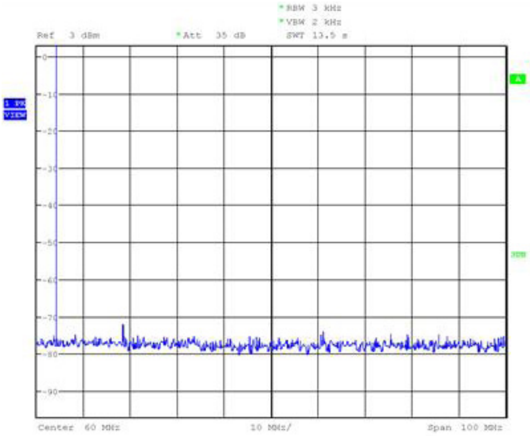


Fig. 29. 送信スプリアス特性（14.2 MHz 200 W 出力）

高速リレー制御式アンテナチューナー

TS-990 には、容量の異なるコンデンサーをリレーにより組み合わせてデジタル的に制御する、リレー制御式の高速アンテナチューナーを内蔵しています。デジタル制御により、高速なチューニングを実現しています。

200 W での運用に耐えられる部品を採用し、アンテナチューナー専用の冷却ファンを内蔵しておりますので、200 W でも安心して連続運用することができます。

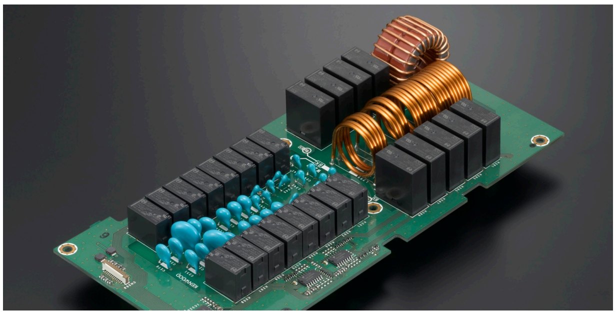


Fig. 30. オートアンテナチューナー回路

リニアアンプ・コントロール

リニアアンプやトランスバーターなどの送受信を切り替えるための制御方法として、リニアアンプ用リレーによる方法と **RL** 端子による方法の 2 種類があり、それぞれ **REMOTE** コネクターに出力されています。後述のアドバンストメニューの設定により使用できます。

REMOTE コネクター

REMOTE コネクターには、当社従来機と同じ 7 ピン DIN タイプのコネクターを採用しています。「REMOTE コネクターのピン配置図」の図は、**REMOTE** コネクターのそれぞれのピンに割り当てられている信号経路を示しています。

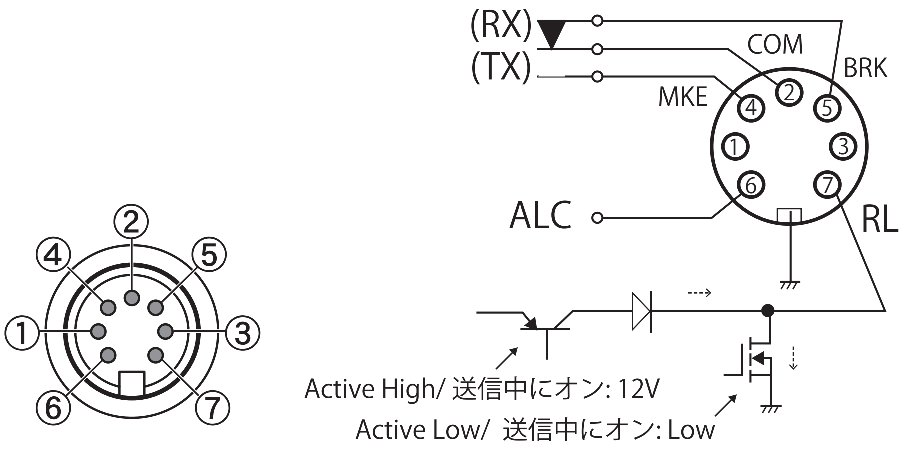


Fig. 31. REMOTE コネクターのピン配置図

Table 7. REMOTE コネクターの端子説明

端子番号	端子名	機能	Input/Output
1	SPO	スピーカー出力	O
2	COM	リニアアンプ制御用リレーの共通端子	I/O
3	SS	PTT 入力	I
4	MKE	リニアアンプ制御用リレーのメーク端子	I/O
5	BRK	リニアアンプ制御用リレーのブレーク端子	I/O
6	ALC	リニアアンプからの ALC 入力	I
7	RL	リニアアンプ制御用出力	O

● リニアアンプ制御用リレーを使う場合

TS-990 に内蔵されているリニアアンプ制御用リレーは、アドバンストメニュー 11 または 12 に「Active High + Relay Control」が設定されている場合に送信すると動作します。

このリニアアンプ制御用リレーは、TL-922（販売終了品）のスタンバイを想定しており、TL-922 であればそのまま接続することができます。電圧印加やグランドにショートすることによりスタンバイするリニアアンプの場合は、リレーの動作をオフにし、後述の **RL** 端子でスタンバイさせます。

● RL 端子を使う場合

RL 端子（7 番ピン）は、後述のアドバンストメニューの設定により、従来機種と同様に送信時 12 V が出力される論理に加え、オープンドレインにより送信時にグランドにショートする論理を追加しました。これにより、送信制御としてローレベルで送信状態となるリニアアンプを使用する場合に、外部に論理を反転させるトランジスターを追加せずにこのリニアアンプを使用することができます。

RL 端子に「Active High」が設定されているときに送信すると、「REMOTE コネクターのピン配置図」に示すトランジスター・スイッチがオンの状態となり、12 V の電圧が出力されます（10 mA 以下）。「Active High」とは、回路が動作しているときに論理がハイになることを表しています。電圧出力を検知して送信動作に切り替わるタイプのリニアアンプ（たとえば TL-933 など）を接続したら **RL** 端子に「Active High」を設定します。

RL 端子に「Active Low」が設定されているときに送信すると、「REMOTE コネクターのピン配置図」に示す FET スイッチがオンの状態となり、グランドにショートします。「Active Low」とは、回路が動作しているときに論理がローになることを表しています。

リニアアンプ内部で信号がプルアップされ、その信号をグランドにショートさせているあいだに送信状態になるリニアアンプを接続します。このようなリニアアンプを接続したときは **RL** 端子に「Active Low」を設定します。ただし、耐電圧・耐電流はそれほど大きくはありませんので（DC 15 V 以下、10 mA 以下）、この回路で直接リレーを駆動させたり、一部の真空管式のリニアアンプ（TL-922 など）のように高い電圧が出ているものを接続したりすることができません。このような場合は、リレー接点をお使いください。

アドバンストメニューでの設定

リニアアンプを制御するには、アドバンストメニューで設定する必要があります。

Table 8. リニアアンプ・コントロール設定メニュー

アドバンストメニュー 11 および アドバンストメニュー 12での 設定値	RL 出力 *1	リレー制御 *2	ディレータイム
Off	-	-	10 ms
Active High	TX: High (12 V)	-	10 ms
Active High + Relay Control	TX: High (12 V)	○	10 ms
Active High + Relay & TX Delay Ctrl	TX: High (12 V)	○	45 ms （SSB、FM、AM）
Active Low	TX: Low	-	10 ms
Active Low + TX Delay Control	TX: Low	-	45 ms （SSB、FM、AM）

*1 **REMOTE** コネクターの 7 番ピン

*2 **REMOTE** コネクターの 2 番ピン、4 番ピン、5 番ピン

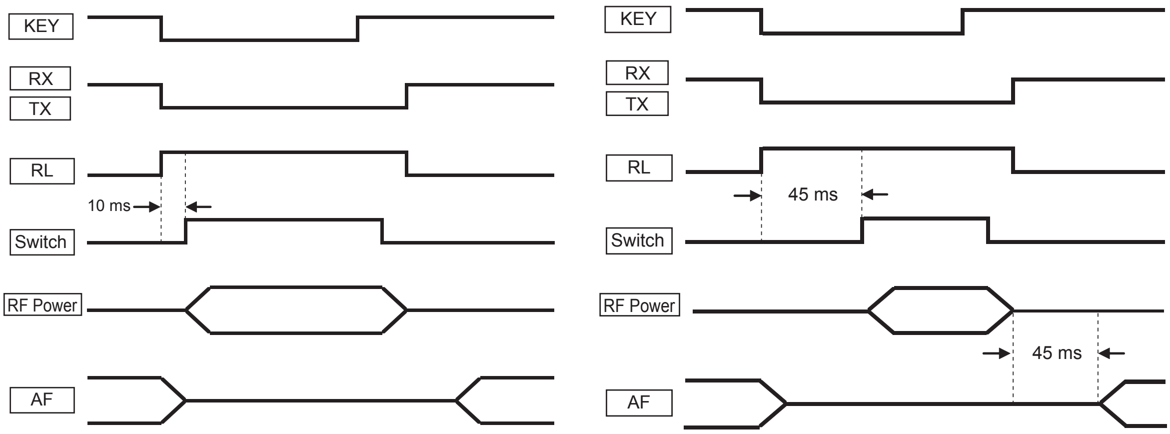


Fig. 32. TX Delay Control 未選択時（左）と選択時（右）のタイミングチャート

TL-933 など、フルブレークインに対応し、かつ送信時に +12 V 前後の電圧が印加されると送信状態になるリニアアンプを接続した場合は、アドバンストメニュー 11「Linear Amplifier Control (HF Band)」やアドバンストメニュー 12「Linear Amplifier Control (50 MHz Band)」に「Active High」を設定します。

TL-922 など、フルブレークインに対応していない、かつ内部リレーの接点切り替えに時間を要する外部リニアアンプを接続した場合は、アドバンストメニュー 11 やアドバンストメニュー 12 に「Active High + Relay & TX Delay Ctrl」を設定します。これにより、送信に切り替わってから実際に電波を出力するまでの時間が延長され、リニアアンプのリレーが切り替わってから電波を出力します。CW モードでフルブレークインがオンのときは、送信開始までの時間は延長されません。

なお、アドバンストメニュー 11 やアドバンストメニュー 12 に「Active High + Relay & TX Delay Ctrl」または「Active Low + TX Delay Control」を設定したときは、送信開始までの時間だけではなく受信開始までの時間も遅れるように設定されますので、受信に切り替わる瞬間のクリックノイズを低減することもできます。

補足：

- ◆大型のリレーは、一般的に通電してから接点が切り替わるまでに時間を要し、切り替わる瞬間にチャタリングが発生する時間も長くなる傾向にあります。接点が送信側に切り替わる前に送信電波を発射すると、切り替わるまでのあいだは SWR が高くなるため、TS-990 では保護回路が動作して瞬間的に送信出力を低下させます。これ以外にも、リレーが切り替わる動作音が大きいとマイクロホンが動作音を集音し、その音で送信信号が出力されてしまうことがあります。また、受信を開始した後で接点が受信側に切り替わってしまうと、激しいクリックノイズが発生することもあります。「Active High + Relay & TX Delay Ctrl」または「Active Low + TX Delay Control」を設定すると、このような不具合を防止することができます。

ALC について

リニアアンプやトランスバーターを使用する場合は、送信出力を適切に制御できるようにするため、**ALC** 端子（6 番ピン）に外部機器を接続することができます。

この ALC 信号は、外部機器からみて送信出力が制限されるべき範囲に入ったときに、電圧をマイナス側（当社機器の場合）にシフトさせる信号です。外部機器に電圧調整用可変抵抗器が装備されていることが一般的です。TS-990 では、**ALC** 端子に負の電圧（-7 V から-10 V）を印加することにより、内部ゲインが下がります。動作点については、後述します。

上記のように、従来はリニアアンプから ALC 信号を入力して制御するのが一般的でした。しかし、リニアアンプへの過大な入力を防ぐためには、あらかじめ適正な送信出力に調整しておくことが推奨されます。トランシーバーのパワー設定をフルパワーにしておき、ALC によりパワーを設定した場合は、リニアアンプから ALC 電圧が入力されるまでにリニアアンプに過大な電力が印加されて、リニアアンプにダメージを与える恐れがあります。

● お勧めの使い方

あらかじめ TS-990 に、リニアアンプに入力できる上限の送信電力を設定します。トランシーバー内部の ALC 制御は高速に動作しますので、リニアアンプから ALC 信号が入力されるのを待たずに出力電力を制限することができます。後述の送信出力リミッターが役に立ちます。

上記のとおりに設定してから、リニアアンプの ALC 信号を TS-990 の **ALC** 端子に接続しておきます。リニアアンプで送信出力を制限しなければならない場合、たとえば、誤操作で TS-990 の送信出力を上げてしまった場合にリニアアンプを保護することができます。

送信出力リミッター

送信出力リミッターは、あらかじめ設定した送信出力以上に送信出力を上げないようにする機能です。F **[MAX-Po]** キーを押すと**送信出力リミット**画面が表示されます。この画面でバンドごとに送信出力を設定することができます。**[PWR]** ツマミを右に回し続けると、設定した最大送信出力まで送信出力を上げることができます。また、DATA モードでの送信出力制限や TX チューニングでの送信出力を設定することもできます。

リニアアンプなどの外部機器ではバンドによってゲインが異なったり、許容入力電力が異なったりするため、多くの場合、必要な送信出力が異なります。送信出力リミット画面ではバンドごとに送信出力を設定することができます。あらかじめこの画面で最大送信出力を設定しておくと、バンドを変えるたびに **[PWR]** ツマミを回して送信出力を調整する煩わしさを軽減します。

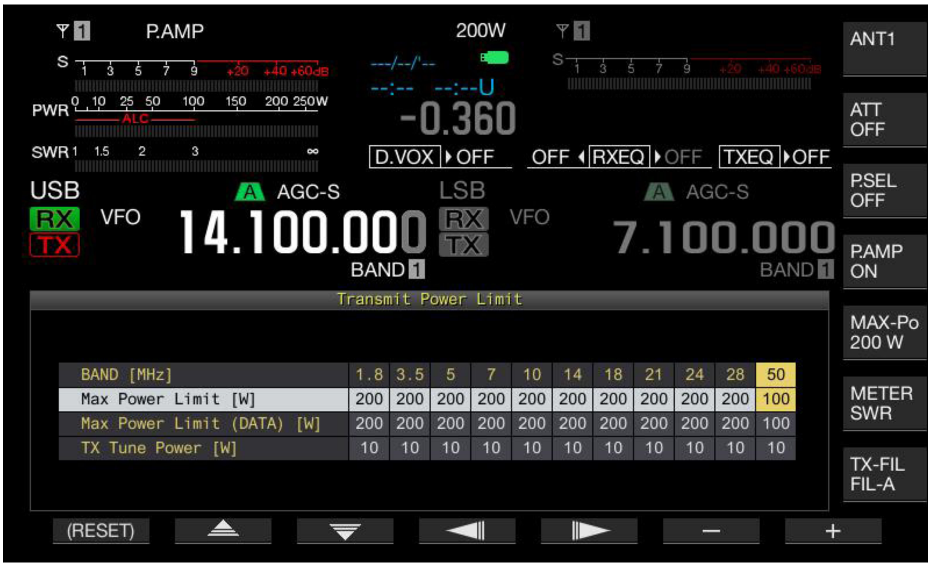


Fig. 33. Max Powerリミット機能の設定画面

外部アンテナチューナーを接続している場合にアンテナコネクターを「ANT1」にすると、最大送信出力は 100 W に制限されます。送信出力リミッターを 100 W 以上に設定していても、F **[MAX-Po]** キーの下段には「100 W」、メインスクリーンの送信出力（上部中央）にも「100 W」と表示されます。

補足：

◆ アンテナコネクター（**ANT1～ANT4**）ごとに送信出力を設定することはできません。

◆ 5 MHz 帯は、日本国内向けモデルでは設定にかかわらず送信はできません。

外部機器と接続したときの ALC 動作

「ALC 信号を入力する場合の外部機器との接続ブロック」の図では、外部機器から TS-990 の ALC 信号を入力し、TS-990 内部の ALC AMP を制御する信号の流れを示しています。

これは、外部機器から出力された ALC 電圧により TS-990 のゲインを制御する方法ですが、結果的に TS-990 の送信出力を制御することができます。リニアアンプ、トランスバーター、いずれの場合でも動作は共通です。ALC 電圧による DRV 出力レベルの変化は、外部機器から入力した ALC 電圧に対する出力レベルの変化を示します。-7 V より低下すると、TS-990 の IF 回路でゲインが低下することが分かります。ゲインが低下することにより送信出力（ANT 出力や DRV 出力）が下がり、これにより出力が制御されます。

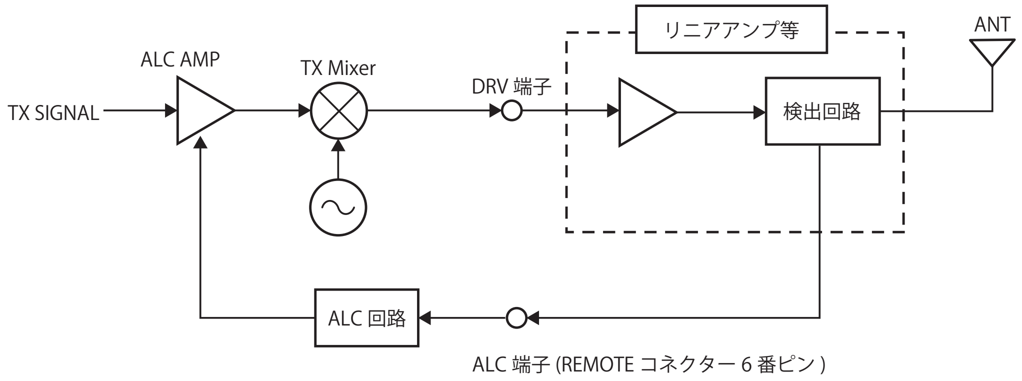


Fig. 34. ALC 信号を入力する場合の外部機器との接続ブロック

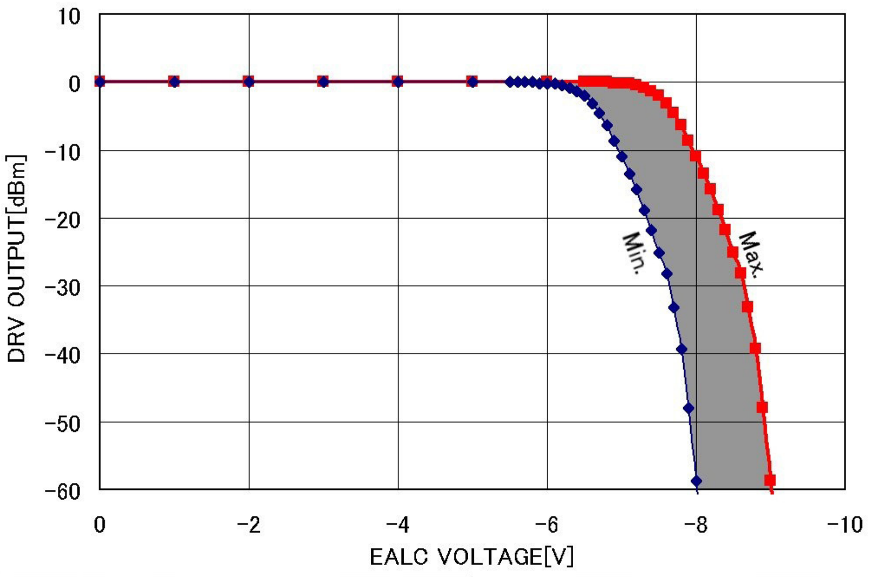


Fig. 35. ALC 電圧による DRV 出力レベルの変化

● 外部機器から ALC が掛かったときの動作

外部機器から ALC 信号が入力されていない状態で ALC メーターの振れが最適となるようにマイクゲインやキャリアレベルが調整されている場合、その後で外部機器から ALC 信号が入力されると、ALC の制御量が増加します。このため、ALC メーターは、より大きく振れるようになります。このような場合、ALC メーターを見ながら **[PWR]** ツマミを左に回すか、マイクゲインやキャリアレベルを再調整します。

DRV 端子

DRV 端子からの出力レベルは、およそ 0 dBm（1 mW）です。送信出力の設定により、出力レベルを 1/20 程度に下げることができます。それ以下に出力レベルを下げる場合は、CW、FSK、PSK、AM モードでは **[CAR]** ツマミを、SSB モードでは **[MIC]** ツマミ（マイクゲイン）や **[PROC OUT]** ツマミ（スピーチプロセッサーの出力レベル）を回します。**DRV** 端子からの出力をそのままアンテナから送信するには出力レベルが十分ではありません。トランスバーターでの運用や、高利得のリニアアンプに接続することで、135 kHz 帯を含む各アマチュアバンドでの運用に使用することができます。

以下の図に 14 MHz 帯での **DRV** 端子からのスプリアス特性、および 135 kHz 帯でのスプリアス特性を示します。0 dBm、-10 dBm、-20 dBm のようにレベルを変えると高調波のレベルも変わります。

ローパス・フィルターを通過していない DRV 出力には、多くの高調波成分を含む場合があります。送信する場合は、信号を増幅した後で必要に応じてローパス・フィルターを通過させて、高調波を除去します。また、送信出力の設定でレベルを下げたり、**REMOTE** コネクターから ALC 信号を入力したりして **DRV** 端子の出力レベルを制限すると、歪を軽減させることができます。

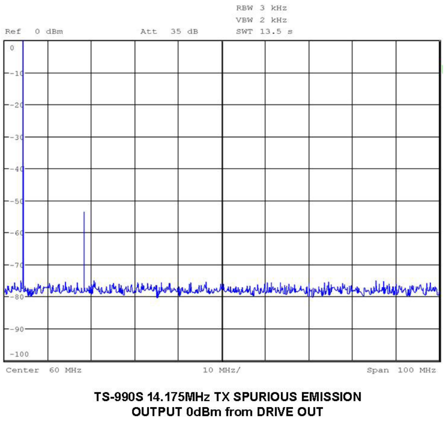


Fig. 36. スプリアス特性
14.175 MHz、0 dBm

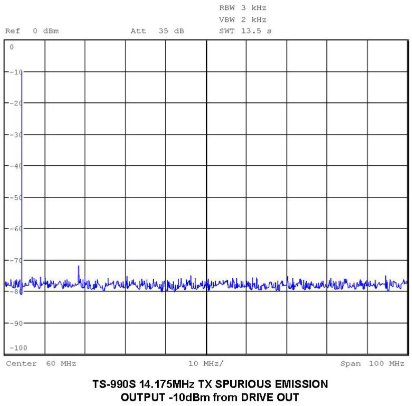


Fig. 37. スプリアス特性
14.175 MHz、-10 dBm

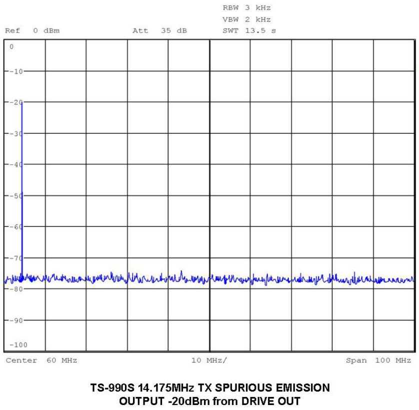


Fig. 38. スプリアス特性
14.175 MHz、-20 dBm

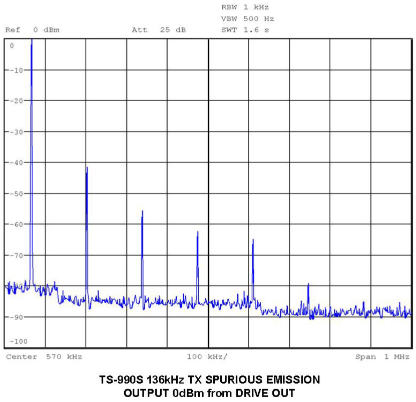


Fig. 39. スプリアス特性
136 kHz、0 dBm

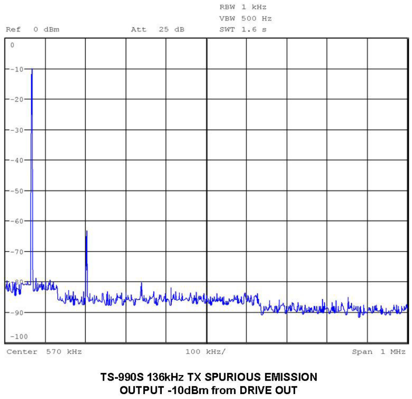


Fig. 40. スプリアス特性
136 kHz -10、dBm

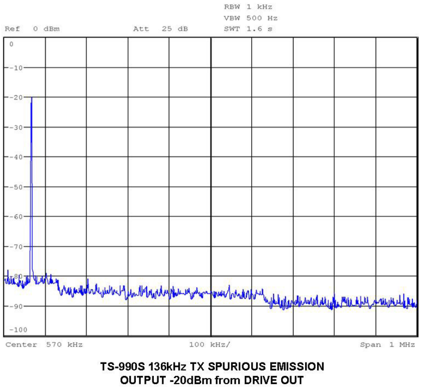


Fig. 41. スプリアス特性
136 kHz、-20 dBm

補足：

◆ **DRV** 端子は技術基準適合証明には含まれていません。**DRV** 端子を使用して運用する場合は非技術基準適合機種となりますので、TSS 株式会社の保証を受けるなど、申請する必要があります。

プロテクション

TS-990 は、余裕を持って 200 W の送信電力を出力できるファイナル回路構成を有しています。このため、大きな電流が流れたり、異常な発熱が生じたりしないよう、安全面を考慮したさまざまなプロテクションが用意されています。

SWR プロテクション

アンテナの SWR（定在波比）が高いと効率的に電波を輻射できないばかりか、反射波によってファイナル回路で歪が発生したり、最悪の場合には本機やアンテナなどが故障したりすることもあります。そのようなことにならないよう、反射波に応じて送信出力を下げるプロテクション回路が搭載されています。プロテクション回路により、SWR が 1.5 より高くなると送信出力の低下が始まります。

電流プロテクション

ファイナルアンプに流れる電流を監視して、一定以上の電流が流れないプロテクション回路を設けています。

温度プロテクション・ファン制御

TS-990 は、2 個のファイナルアンプを搭載しており、それらの近傍にはサーミスターが配置されています。サーミスターは、温度を監視しています。ファイナルアンプ部の冷却ファンは、検出された温度により 3 段階に回転数が切り替わります（アンテナチューナー部は 2 段階、AC/DC 電源部は無段階）。「ファイナルアンプ部の動作開始（検出）温度と冷却ファンの回転速度」の表に冷却ファンの動作開始温度と速度との関係を示しています。アンテナチューナー部の回転速度は、ファイナルアンプ部の回転速度に追随するように設計されており、アンテナチューナーがオンのときだけ冷却ファンが動作します。ファイナルアンプの温度がさらに上昇するような場合は、メインスクリーンにワーニングメッセージが表示され、故障を防ぐために送信出力を制限したり、送信を止めて受信状態に戻したりします。

その他、冷却ファンの回転パルスを用いて、ファイナルアンプ部を含むすべての冷却ファンが正常に回転しているかどうかを監視しています。冷却ファンが正常に回転していないと判別された場合は、メインスクリーンにエラーメッセージが表示され、TS-990 を保護するために機能の一部を制限します。

Table 9. ファイナルアンプ部の動作開始（検出）温度と冷却ファンの回転速度

ファイナルアンプ部の動作開始（検出）温度	冷却ファンの回転速度	
	ファイナルアンプ部	アンテナチューナー部
約 75 ℃	高速	高速[*1]
約 65 ℃	中速	低速[*1]
約 55 ℃	低速	

[*1] アンテナチューナーがオンのとき動作

電源

高効率大容量電源を搭載

TS-990 は、大容量の電流共振型スイッチング電源を搭載しており、安定した 200 W の送信出力で運用することができます。

また、従来のトランス方式と比較して負荷効率が高いため（AC 100 V、200 W 送信時 83% typical）発熱は少なく、かつ消費電力を低減しています。

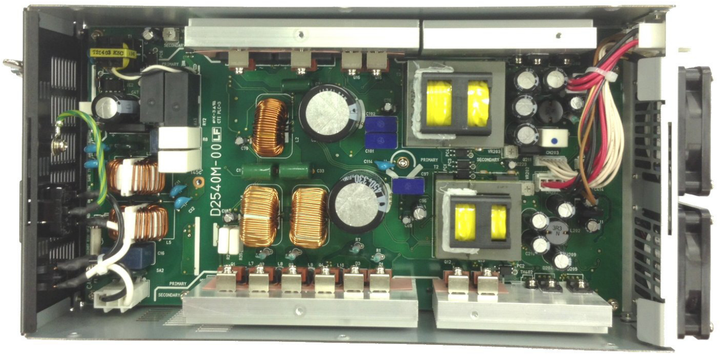


Fig. 42. 高効率大容量電源

省電力

TS-990 は、送受信用電源とは別にメインマイコン専用の電源を搭載しています。省電力モードがオンのときは、待機電力を 0.5 W 以下に抑えることができます。これは、各国のエネルギー規制に準拠するものです。

安全性

各国の安全規格に準拠するとともに、下記の保護機能により、安全に運用することができます。

● 過電流保護

すべての電源の出力電流を監視し、過電流を検出した場合は間欠出力に移行して出力電圧を垂下させます。

● 温度保護

電源内部の温度を常時監視し、過度に温度が上昇した場合には送信出力を停止し、さらに温度が上昇した場合には、電源を遮断することで安全に運用することができます。

整流回路で高調波を発生させない力率補正（PFC）方式

スイッチング電源は、一般にスイッチング動作によって整流回路に大きな高調波が発生するため、力率が低下して AC 入力側に反射した高調波により外部機器にノイズなどの障害を与える場合があります。

TS-990 では、力率補正（PFC）方式の整流回路を採用して電流波形を正弦波に近くすることにより、力率の低下や電源高調波による障害を防止するとともに、各国の電源高調波規制にも準拠しています。

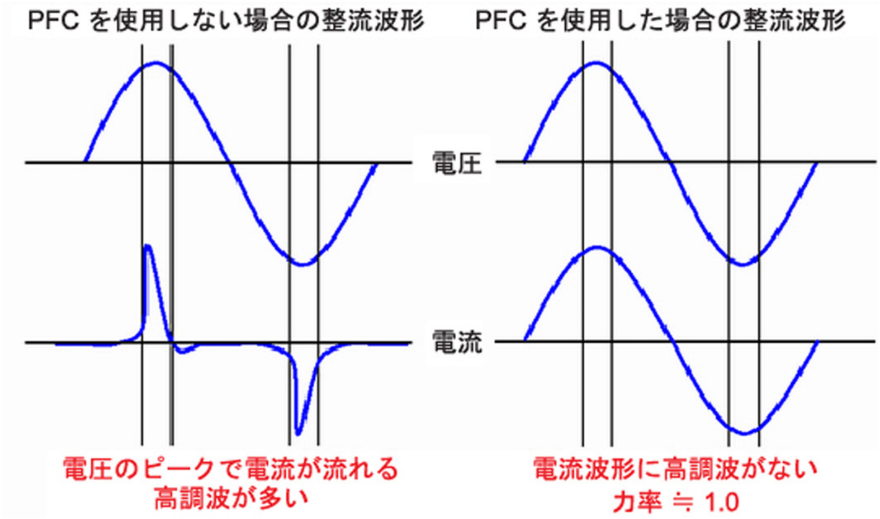


Fig. 43. 力率補正（PFC）有無による整流波形の相違

連続可変回転数・冷却ファン

スイッチング電源部の温度を常時監視し、最適な風量となるように冷却ファンの回転数を連続的に変えることにより、冷却効率を向上させたり、冷却ファンの動作音を低減させたりすることができます。

DC/DC コンバーター

各部への電源供給には、DC/DC コンバーターを採用しています。従来機種に搭載されていたレギュレーター方式の電源に比べて発熱が少なく、消費電力を削減しています。

DDS ダイレクト 方式と PLL 方式

TS-990 の局発回路は、メインバンド受信部では VCO 分周型と DDS（Direct Digital Synthesizer）ダイレクト方式との切り替え、サブバンド受信部には DDS ダイレクト方式、送信部には従来型 PLL 方式と、処理される信号にとって最適な特性が得られるような構成となっています。

メインバンド受信部第一局発

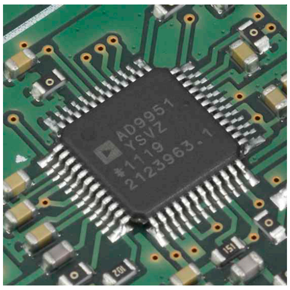
メインバンド受信部の第一局発には、昨今の DDS ダイレクト方式ではなく、従来型の VCO/PLL 方式を採用しています（10、28、50 MHz バンドを除く）。

一般に VCO/PLL 方式は、遠く離れた周波数での C/N 特性が良く、PLL のループ内にあるフィルターの効果によりスプリアス特性に優れる反面、近傍の C/N 特性では不利な傾向にあります。

TS-990 のメインバンド受信では全バンドをダウンコンバージョン化することにより、局発周波数が低い周波数になっています。

そこで、メインバンド受信部の第一局発では従来型の VCO/PLL 出力を、目的とする周波数よりも高い周波数で発振させ、その出力を分周させる分周型方式を新規に採用しました。

理論上、VCO/PLL 出力の C/N 特性は、分周効果により 20*log（分周比）の比率で改善されます（最大 1/10 分周：20*log（1/10）＝-20 dB）。



DDS IS AD 9951

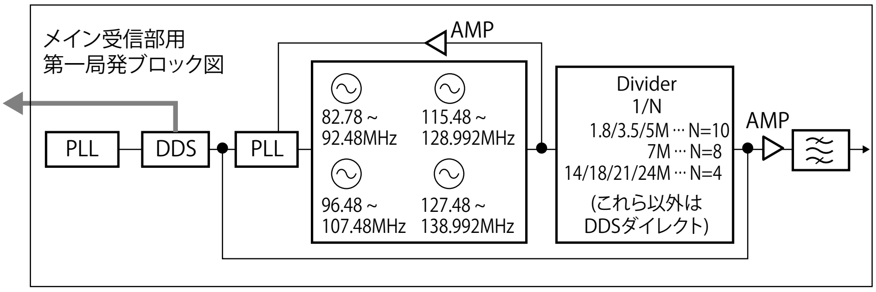


Fig. 44. メインバンド受信部第一局発の ブロック図

VCO 分周型方式の採用によって、近接周波数付近での VCO/PLL 方式の特徴であるスプリアスの少なさと、遠方周波数での良好な C/N 特性を実現しました。

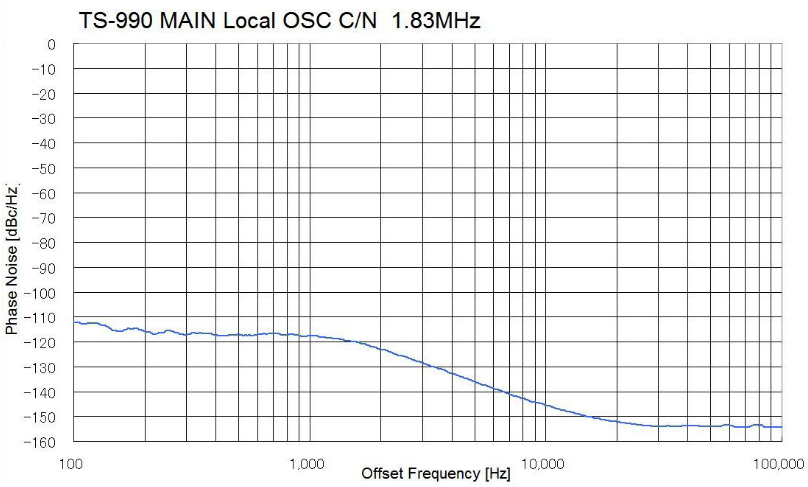


Fig. 45. メインバンド受信部第一局発の CN 特性

サブバンド受信部第一局発

サブバンド受信部の第一局発は、TS-590 の局発回路を踏襲し、近傍 C/N 特性に優れた 14ビット・DDS からの出力信号をミキサーに直接、供給しています。

ダウンコンバージョン時には発振周波数がアップコンバージョン方式よりも低くなるため、さらに C/N 特性に優れた出力となり、良好なレシプロカル・ミキシング特性を実現しています。

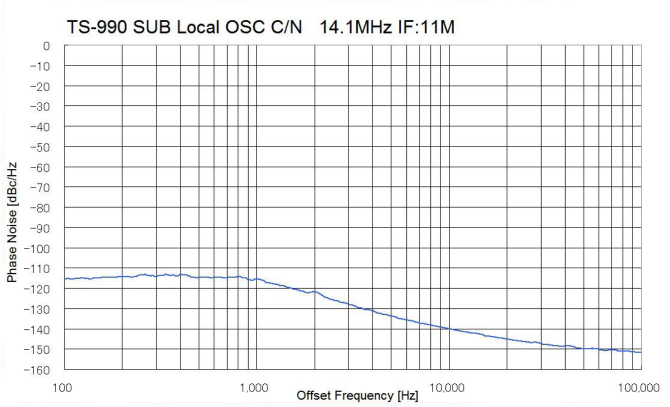


Fig. 46. サブバンド受信部第一局発の CN 特性

送信部局発

DDS ダイレクト方式を採用した第一局発は、従来型の VCO/PLL 方式に比べ、近傍 C/N 特性に優れていますが、送信機においては、遠方周波数での C/N 特性がより求められています。

遠方周波数を使用して送信された強い信号が存在し、かつその信号の遠方 C/N 特性が低いために目的信号にまでノイズが広がると、このノイズにより受信が妨害されてしまいます。ローカル局やマルチバンドのコンテスト局でノイズによる受信妨害が発生することがあります。

TS-990 は 200W 出力ということ、他局に迷惑を掛けないような、マナーを重要視される要望に応えるためにも、遠方 C/N 特性を重視し、送信部の局発回路に VCO/PLL 方式を採用しました。

送信の周波数構成にはアップコンバージョン方式が採用されています。このアップバージョン方式では局発周波数が高いため、VCO 分周方式の局発回路を採用できません。広い周波数範囲で動作させる必要があるため、送信部局発用 VCO/PLL では VCO 発振回路に周波数シフト回路を配置しました。これによりバンドごとに最適な状態に切り替えることができ、良好な C/N 特性を実現しています。

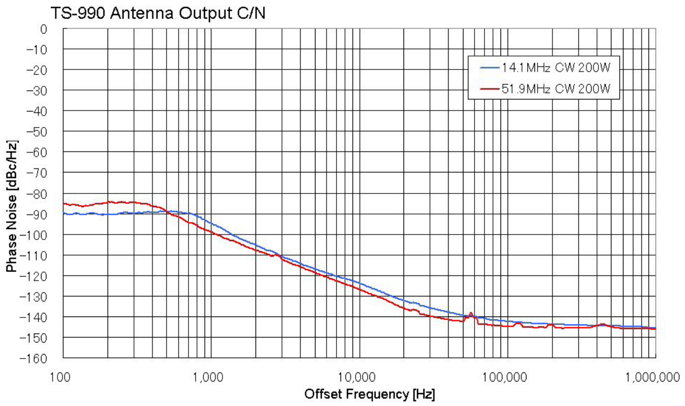


Fig. 47. 送信信号の CN 特性

基準周波数発生回路

TS-990 では、基準周波数の発生に TCXO を採用し、0.1 ppm の周波数安定度を実現しています（0 ℃～50 ℃）。

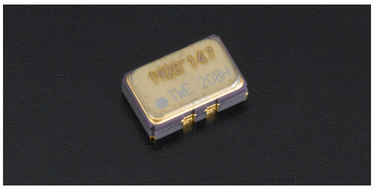


Fig. 48. TCXO

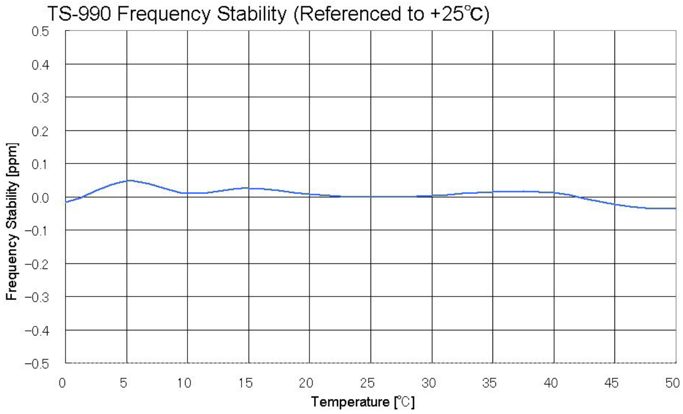


Fig. 49. 周波数安定度

基準周波数の発生に OCXO を採用すれば更なる安定度を追及することが可能です。しかし、OCXO 内部にオーブンを使用し、内部温度を高温で一定に保つことにより高安定度を得ているため、数ワットの消費電力が必要となります。また、OCXO では、内部温度を一定にするまでに時間を要します。コールドスタートの場合は内部温度が安定するまでに数分を要し、電源をオンにした直後に使用可能にするには、常に通電しておく必要があります。

一方、TCXO は、内部の温度センサーにより検出した温度に合わせて出力周波数を微調整します。これにより基準周波数の安定度を維持しているため、消費電力が少なく済みます（TCXO の消費電流：7.92 mW max）。

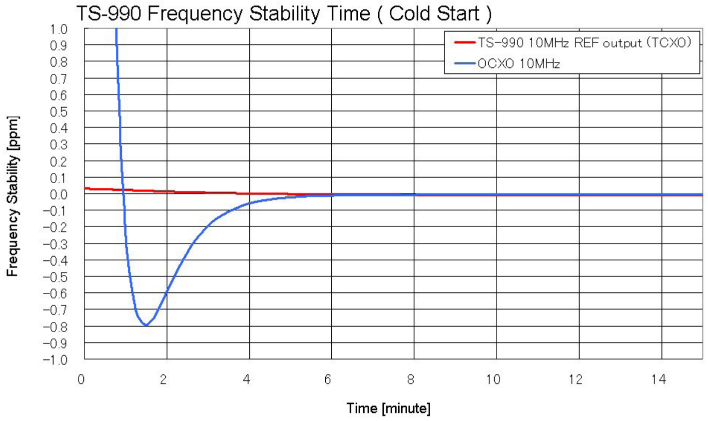


Fig. 50. TS-990 と OCXO 採用機種の起動特性比較

さらに、TCXO は周囲温度に合わせて動作するために起動時間が短くなっているため（10 MHz 基準信号の出力時間が 400 ms 以下）、TS-990 を使用していないときに通電しておかなくとも、即座に使用可能となります。

このような基準周波数発生回路の特性と国際的な省エネルギーに対する取り組みを踏まえ、TS-990 では TCXO を採用しました。また、基準周波数発生回路で実現している安定度より高精度な安定度をお求めの場合は、外部基準発振器から 10 MHz（-10～+10 dBm）の基準信号を **REF I/O** 端子へ入力します。これにより、外部基準発振器の周波数精度で運用することができます。

また、**REF I/O** 端子から TS-990 の基準周波数発生回路の精度で、10 MHz 基準信号を出力することもできます。

基準信号を **REF I/O** 端子へ入力する場合は、アドバンストメニュー 4「REF I/O Connector Configuration」で「Input」を、TS-990 の基準周波数を **REF I/O** 端子から出力する場合は、アドバンストメニュー 4 で「Output」を設定します。

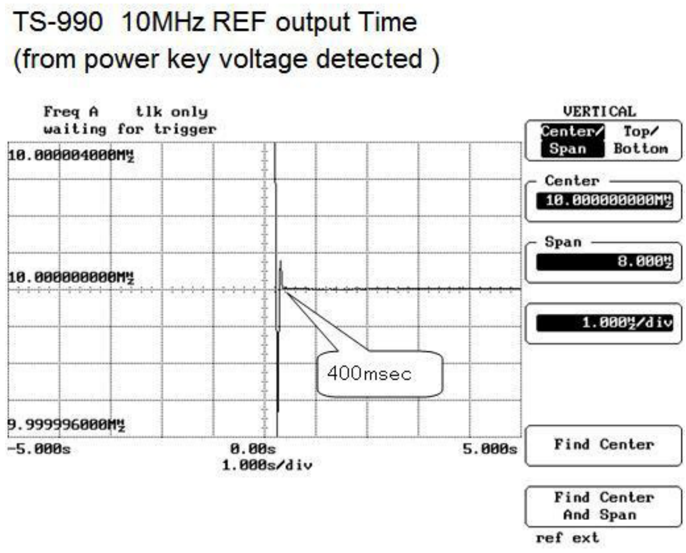


Fig. 51. REF I/O 出力の起動特性

アマチュア無線機として世界で初めて DSP を搭載した TS-950 シリーズ。

急峻な IF フィルターと受信信号レベルを管理する IF AGC 処理を含む、IF 処理をすべて DSP で実現した TS-870S。

長時間の運用でも聞き疲れしない洗練された IF AGC 処理と多彩な雑音・混信除去機能を持ち、最高レベルの受信 DSP 性能を誇る TS-590。

当社では、アナログ回路のみでは得られなかった通信の「質」を提供してきました。

TS-990 の DSP 開発コンセプトは、まさに伝統の集大成。多彩な機能も重要ですが、ひたすら「質」を追及した姿がここにあります。

TS-990 の DSP 技術の特徴

- 32 ビット浮動小数点 DSP をメインバンド受信および送信用、サブバンド受信用、バンドスコープ用に 3 個を搭載
- アナログ回路、ルーフィングフィルターや デジタル信号処理による IF フィルターを総合的にマッチングさせ、自然な音声を追及した IF AGC 処理
- 高分解能でありながら高速掃引を実現したバンドスコープ処理

DSP と周辺ハードウェア

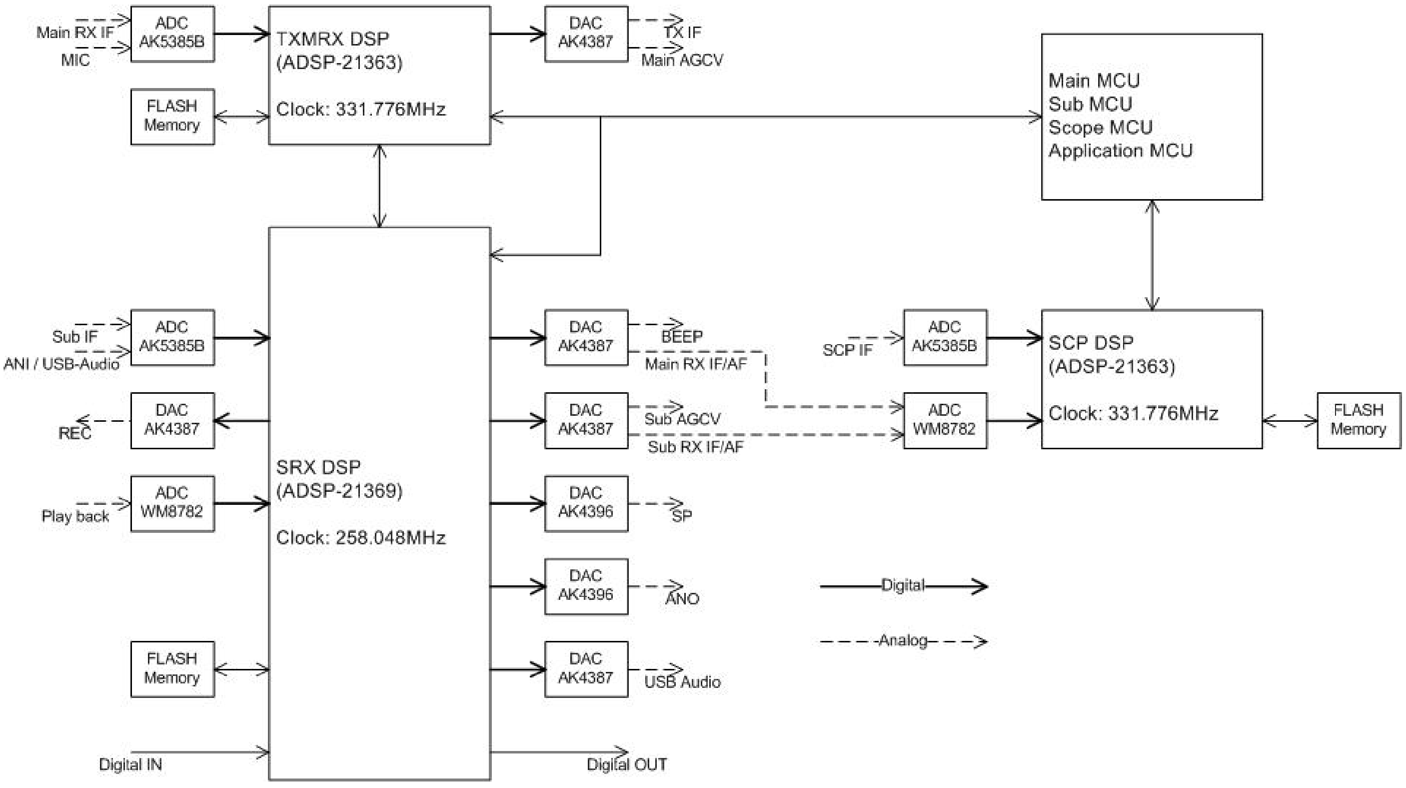


Fig. 52. DSPハードウェアブロックダイヤグラム

デジタル信号処理の中心となる DSP には、TS-590 で採用した 32 ビット浮動小数点 DSP よりも高い演算性能を持つ、アナログ・デバイセズ社製 32 ビット浮動小数点 DSP・SHARC プロセッサーを採用しました。

TS-990 では、3 個の SHARC プロセッサー（以下、DSP と称す）を搭載しました。

Table 10. それぞれの DSP の役割

名称	DSP 型式	動作クロック	処理概要
TXMRX DSP	ADSP-21363	331.776 MHz	メインバンド受信、送信用、 RTTY・PSK31・PSK63 用エンコーダー
SRX DSP	ADSP-21369	258.048 MHz	サブバンド受信用、オーディオ出力管理、 ボイスガイダンス、光デジタル入出力
SCP DSP	ADSP-21363	331.776 MHz	バンドスコープ、オーディオスコープ、 RTTY・PSK31・PSK63 用デコーダー

搭載されている 3 個の DSP のうち、送信とメインバンドでの受信を担う DSP を「TXMRX DSP」、サブバンドの受信とオーディオ出力を処理する DSP を「SRX DSP」、バンドスコープや RTTY・PSK31・PSK63 モードでデコード処理をする DSP を「SCP DSP」と称しています。

TXMRX DSP と SRX DSP は DSP ユニットに配置され、それぞれが連携して送信と受信を処理します。高速かつ内蔵メモリーの容量が大きい DSP を採用することにより、IF AGC 処理の性能向上、新たな混信除去機能の追加、IF フィルターのシェイプファクターの向上、スピーチプロセッサーの IF 化、RTTY・PSK31・PSK63 用エンコーダー・デコーダーの搭載など、機能を強化しました。

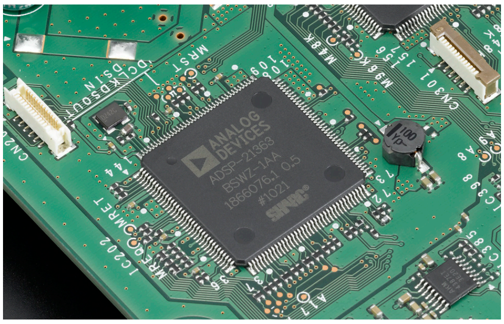


Fig. 53. TXMRX DSP

また、オーディオ入出力にこだわりを持つオペレーターにとってうれしい機能は、光デジタル入出力を実現するデジタルインターフェースがあります。光デジタルケーブルを使用すると、外部機器からアナログ経路を介さずに光デジタル信号を入出力させることができます。このため、ノイズの影響を受けず、デジタル信号をそのまま変調器へ入力させたり、受信音を出力させたりすることができます。

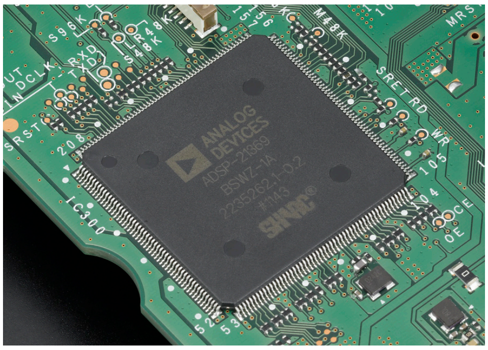


Fig. 54. SRX DSP

SCP DSP はコントロールユニットに配置され、バンドスコープ、RTTY・PSK31・PSK63 用デコーダーと X-Y スコープやベクトルスコープを含む液晶ディスプレイでの表示に関連する機能を担っています。新開発のバンドスコープは大規模な演算処理が必要であり、そのためにメインバンドの送受信を担う TXMRX DSP と同じ性能を有する DSP を採用しました。

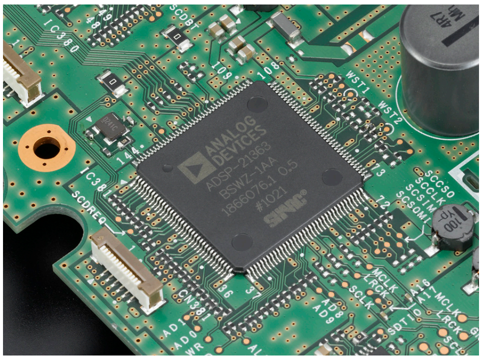


Fig. 55. SCP DSP

IF 段の信号処理

受信における IF AGC 処理は、TS-990 の品格をつかさどる要というべき信号処理です。

TS-870S、TS-2000 や TS-590、それぞれの機種で、DSP における信号処理の進歩やアナログ段とのチューニング処理において、IF AGC 処理ほど革新を起こしたアルゴリズムはありません。そして、当社では、革新のたびに新たな課題に気づき、それに苦悩し乗り越えてきました。

伝統を受け継ぎながらも革新を繰り返した IF AGC 処理は、確信を持ってケンウッドトーンの進化と言えるでしょう。

IF AGC 処理

TS-990 は、既に説明したとおりメインバンドとサブバンドを使用して二波同時受信ができます。IF AGC 処理の基本的な仕組み（ブロック）は、メインバンド用 DSP とサブバンド用 DSP とも同じ構成になっています。ただし、アナログ段の周波数構成は、メインバンドではダウンコンバージョン、サブバンドではダウンコンバージョンとアップコンバージョンを条件ごとに切り替える方式になっており、使用できるルーフィングフィルターの種類も異なります。

どちらの場合でも DSP の最終通過帯域幅よりも前段（アナログ段）の通過帯域幅が広くなる場合がありますが、妨害信号が目的信号に影響を及ぼすことのないように IF AGC 処理を設計しています。メインバンドやサブバンドでアナログ回路の特性が異なるため、それぞれに対して応答特性のチューニングを施しています。

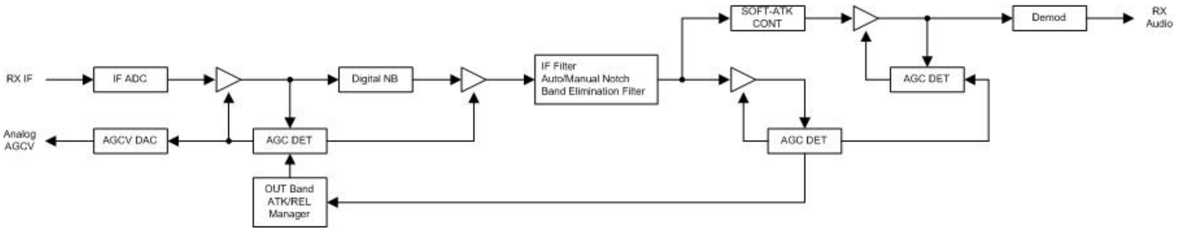


Fig. 56. IF AGC 処理のブロックダイヤグラム

AGC ループは、IF フィルターやマニュアル・ノッチフィルターなど混信除去処理の前後に配置されています。前段の AGC ループは、主に IF 入力の A/D コンバーターに対して基準以上のレベルの信号を入力しないように管理する機能で、アウトバンド AGC と称しています。後段の AGC ループは、従来と同様の AGC 動作で、インバンド AGC と称しています。帯域制限や混信除去の処理をした後でインバンド AGC を動作させることにより、目的信号を浮かび上がらせることができます。

AGC の応答特性に対する考え方は、従来機と同様に超高速なアタックで AGC アンプのゲインを制御し、その後は不用意に振幅変動を引き起こすことなくゲインを管理することを基本とし、長時間運用における聞き疲れの要因を軽減していくことにあります。

聞き疲れの要因の一つとして、高速なアタックによるわずかな時間に生じる振幅の飛び出しがあります。この現象は、弱信号を浮かび上がらせるためと、受信機としての歪を最小にするために欠かせない特性です。しかし、このまま検波してしまうと「カツカツ」といった音質になってしまい、せっかくの高速リリース設定が活かされません。

アタックの音質は、前段と後段のそれぞれの AGC ループや IF フィルターはもちろんのこと、アナログ段の AGC アンプの特性を含めた総合的な特性で成り立っています。TS-990 では、アウトバンド AGC とインバンド AGC のゲイン管理状況により、アウトバンド AGC 側の応答特性を動的に変化させる、インバンドのデュアルループ AGC（AM モードではシングルループ AGC）にて特徴の異なる 2 種類の AGC ループにより理想的なアタック特性を作り上げる、といった手法で解決を図っています。

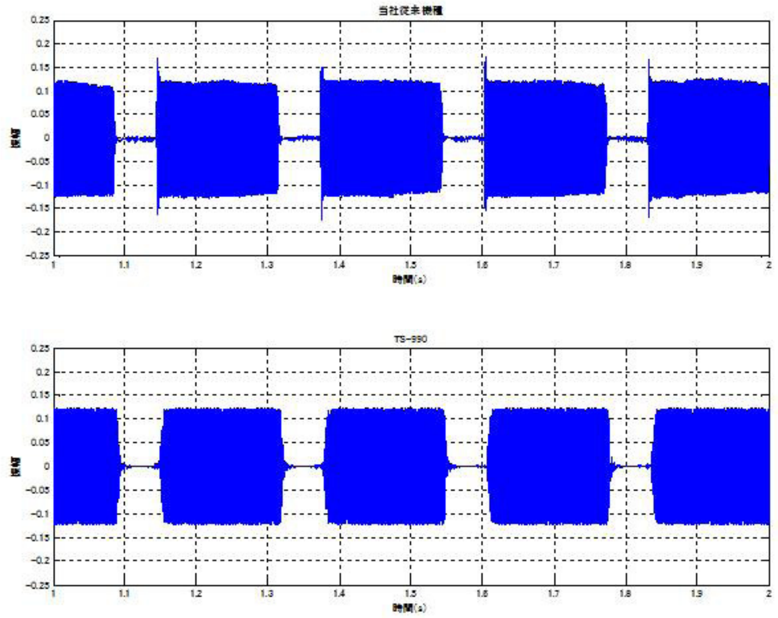


Fig. 57. 当社従来機種と TS-990 の CW 受信波形比較

IF フィルター

TS-990 には、主な帯域制限用のフィルターとしてアナログ段のルーフィングフィルター、DSP 内ではデジタルフィルターによる IF フィルターと AF フィルターを実装しています（それ以外にオーディオ・ピークフィルター等もあります）。

このうち、インバンド AGC の前段に IF フィルターを、インバンド AGC の後段に AF フィルターを配置しています。AM モードでは検波後の回路に AF フィルターを配置し、FM モードでは検波 IC を使用しているため AF フィルターのみを DSP で処理します。

3 種類のフィルターは、前面パネルで操作してローカット、ハイカットや通過帯域幅に切り替えると、それぞれのフィルターが連動して切り替わる仕組みです。メインバンドのルーフィングフィルターのみ、設定によって独立して帯域を変更することも可能です。

DSP 内の IF フィルターは、SSB モードでは IIR のローパス・フィルターとハイパス・フィルターの組み合わせによりスロープチューンを構成し、CW、FSK、PSK モードでは IIR のバンドパス・フィルターにより通過帯域幅（Width）と中心周波数のシフト量（Shift）を調整する機能を構成しています。SSB モードにおいても設定により、スロープチューンから「Width」と「Shift」を調整する機能に切り替えることができます。

AM モードでは、FIR のバンドパス・フィルターを構成しており、ハイ・カットオフ周波数を調整したときにバンドパス・フィルターの帯域幅が切り替わるようになっています。

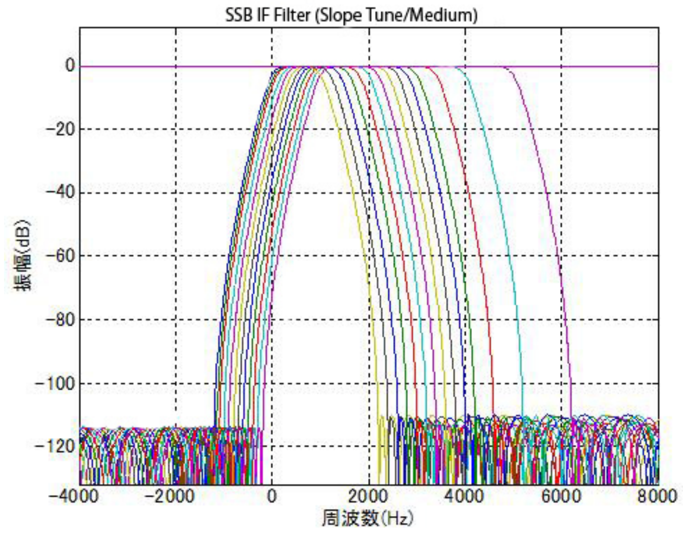


Fig. 58. SSB のスロープチューン（ローカットとハイカットの組合せ、通過帯域幅が「Medium」のとき）

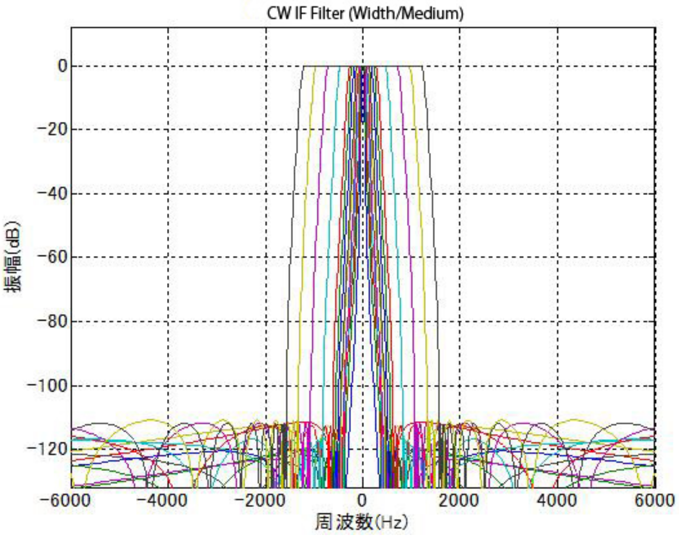


Fig. 59. CW の通過帯域幅（バンドパス・フィルター、通過帯域幅が「Medium」のとき）

従来機では、IF フィルターのスロープ（肩）はスロープチューンや通過帯域幅の設定によらずシャープに整えていましたが、TS-990 では新たにスロープ特性の切り替えを可能にし、さらに急峻なフィルターを選択することができます。スロープ特性は、**RX フィルター**画面でメインバンドとサブバンドそれぞれに「Sharp」、「Medium」または「Soft」を選択することができます。

Table 11. スロープ切り替えによるシェイプファクター

復調モード	シェイプファクター（-60 dB BW/-3 dB BW）	ストップバンド減衰量
SSB（スロープチューン）	1.6 / 1.8 / 2.0（ローカット 200 Hz、ハイカット 2600 Hz 時）	110 dB
SSB（WIDTH）、FSK、PSK	1.5 / 1.8 / 2.0（帯域幅 2400 Hz 時）	110 dB
CW	1.5 / 1.8 / 2.0（帯域幅 500 Hz 時）	110 dB

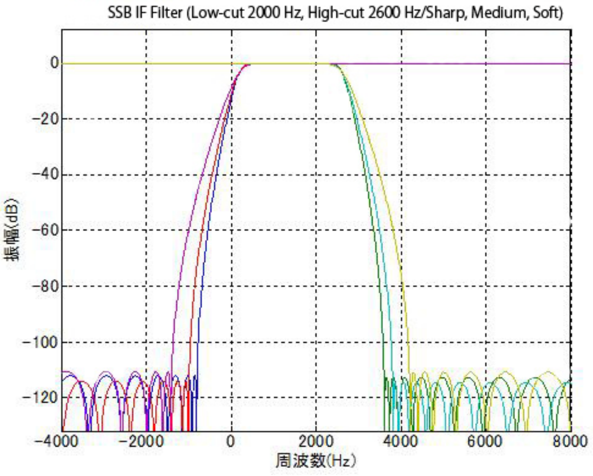


Fig. 60. SSB モードでのスロープ特性の比較（青・濃緑：Sharp、赤・青緑：Medium、紫・黄緑：Soft）

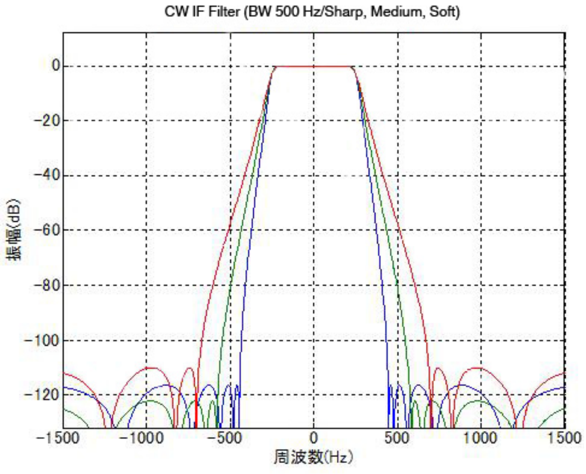


Fig. 61. CW モードでのスロープ特性の比較（青：Sharp、緑：Medium、赤：Soft）

通過帯域幅と中心周波数のシフト量を調整しているときのシェイプファクターは、SSB、FSK、PSK モードでの帯域幅では 2400 Hz を基準とし、CW モードの帯域幅では 500 Hz を基準として設計されています。このような非常に切れのよいフィルターは、帯域幅を狭めることによってリンギングの発生や SSB モードでは群遅延による音質への影響が生じやすくなります。

当社がこれまで蓄積してきたデジタルフィルター設計技術を用いて、リンギングや音質への影響が最小になるようにフィルターや AGC の設計を仕上げています。ただし、設定するフィルター帯域特性にアナログ回路のルーフィングフィルターが連動し、たとえば CW モードなどで 250 Hz 以下の狭帯域を設定した場合は、ルーフィングフィルターの帯域幅が 270 Hz になります（**RX フィルター**画面で「Roof」に「Auto」が設定されているとき）。ルーフィングフィルターが 270 Hz のように狭帯域の設定になっている場合、近接妨害波に対して妨害を受けにくくなる利点がある反面、リップルや群遅延の特性が影響を受けることもあります。

アナログフィルターの特性との兼ね合いから、音質をまとめるにあたってはデジタルフィルターの作り込みだけでは実用的な聴感は得られません。先に説明した IF AGC 処理のチューニングによって、フィルター性能を効果的に引き出しています。

混信除去

パルス性のノイズやビートなどの妨害波により AGC が作用して目的信号が抑圧されることがあります。このような場合に AGC の前段で妨害波を除去することができれば、妨害波の陰に存在する信号を浮かび上がらせることができます。混信除去とは、IF フィルター同様にインバンド AGC の前段に配置され、特定の妨害波を除去することを目的とした機能です。

TS-990 のデジタル信号処理による混信除去には、ノイズブランカー、マニュアル・ノッチフィルターやオート・ノッチフィルターに加え、新たに阻止帯域幅と減衰量の調整が可能なバンドエリミネーション・フィルターが追加になりました。

● ノイズブランカー

TS-990 は、NB1 と NB2という 2 種類のノイズブランカーを搭載しています。NB1 がアナログ回路によるノイズブランカー、NB2 がデジタル信号処理によるノイズブランカーになっており、ノイズの種類や受信状況に合わせて選択することができます。さらに、NB1 と NB2 を同時に使用して、それぞれの効果レベルを変更しながら細かく調整することもできます。

NB2 は、エンベロープ追従式で動作するため、これまでのアナログ回路によるノイズブランカーでは追従できないような、目的信号とパルス性ノイズのレベル差が小さい場合においても効果を発揮します。

このアルゴリズムは、アナログ回路のノイズブランカーのように受信信号からパルス性ノイズを単純にブランキングするものではありません。受信信号レベルに追従して自動的にパルス性ノイズを検出し、パルス性ノイズ以外の目的信号のレベルと比較した上でパルス性ノイズに相当する期間を適度に減衰します。このような方法でノイズを抑圧することを実現したアルゴリズムです。このため、やや長い期間のパルス性ノイズでも目的信号の劣化を少なく処理することができます。

「NB2 の効果」の図は、NB2 でパルス性ノイズを除去したときに AGC の動作によって抑圧されていた音声が浮かび上がる様子を示しています。

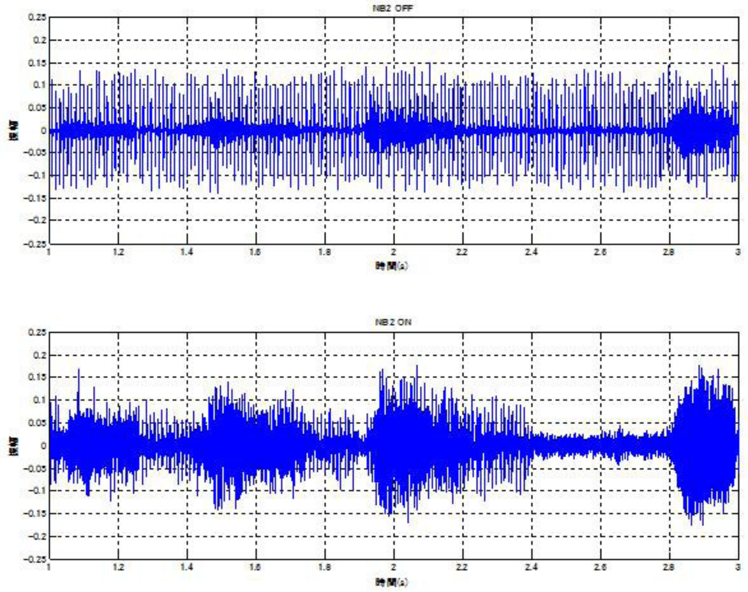


Fig. 62. NB2 の効果

NB2 は、アナログ回路では処理できないノイズに効果がありますが、目的信号の強さやパルス性ノイズの性質によってはノイズを抑圧しきれない場合もあります。このような場合には、雑音を低減するノイズリダクションを併用することで受信状況を改善することがあります。また、ルーフィングフィルターの帯域幅が狭いとノイズ成分が変化して効果を得にくい場合もありますので、状況に応じて NB1 や NB2、ノイズリダクションを使い分けると、より多くのシーンに対応できます。

● マニュアル・ノッチフィルター（NCH）とオート・ノッチフィルター（A.NCH）

マニュアル・ノッチフィルターは、**[NOTCH]** ツマミを回してノッチの中心周波数を変えることができるフィルターです。オート・ノッチフィルターは、適応フィルター技術によって単一のビート周波数に自動的に追従するフィルターです。どちらのノッチフィルターもノッチの中心周波数では、60 dB 以上の減衰量があります。

「マニュアル・ノッチフィルターの効果」の図は、マニュアル・ノッチフィルターでビートを除去したときに AGC の動作によって、抑圧されていた微小信号が浮かび上がる様子を示しています。

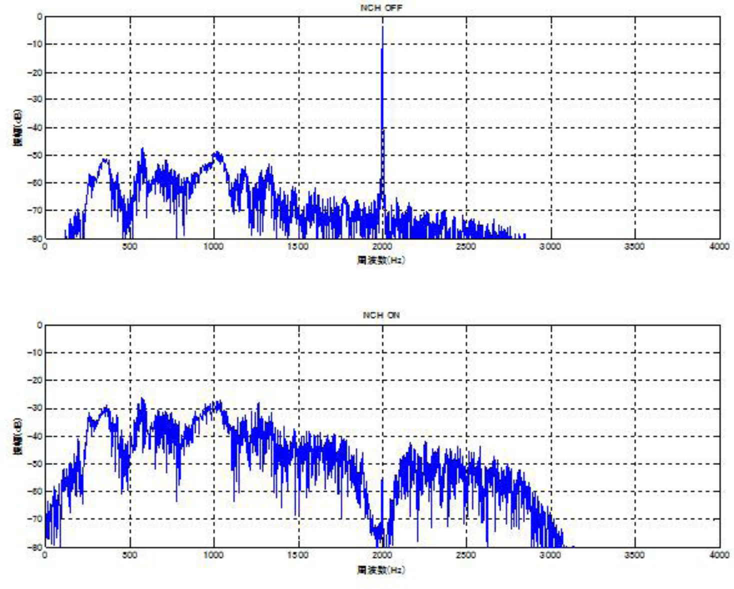


Fig. 63. マニュアル・ノッチフィルターの効果

マニュアル・ノッチフィルターの帯域幅は、**[NCH/SEL]** (M) または **[NCH /SEL]** (S) を長く押してノーマルとワイドとを切り替えます。単一のビートでは、ノーマルが効果を発揮します。SSB モードの信号で混信する場合や、ローカット・フィルターやハイカット・フィルターの調整で目的信号の一部も除去されて聞き取りにくくなる場合は、マニュアル・ノッチフィルターをワイドにして併用すると効果を発揮することがあります。

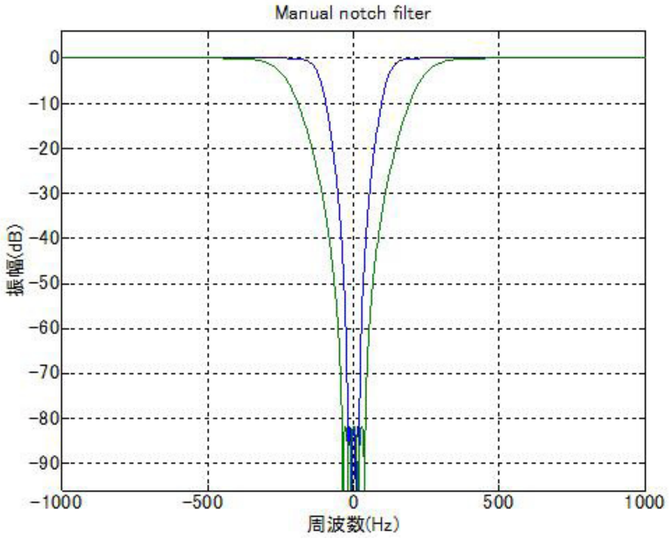


Fig. 64. マニュアル・ノッチフィルターの特性（参考）

TS-870S から継承されたオート・ノッチフィルターも、改良によりビートへの追従性能が向上しており、やや弱いビートに対しても効果を発揮することができます。マニュアル・ノッチフィルターよりも細く針の様に鋭いノッチフィルター特性で、音声への影響を最小に抑えることができます。

● バンドエリミネーション・フィルター（BEF）

「バンドエリミネーション・フィルター」とは分かりにくい名称ですが、マニュアル・ノッチフィルターの帯域や減衰量をコントロールすることができる機能と理解してください。ノッチフィルターは、主にビートに対して効果がある機能であることに対し、バンドエリミネーション・フィルターは、目的信号に音声等の妨害信号が重なっている場合に、目的信号を多少減衰させてでも妨害信号を減衰させたいときに便利です。

マニュアル・ノッチフィルターと同じく、**[NOTCH]** ツマミを回すとフィルターの中心周波数を変更することができます。**バンドエリミネーション・フィルター**画面では、阻止帯域幅を 300 Hz から 1200 Hz の範囲で 100 Hz ごとに設定したり、中心の減衰量を 20 dB から 80 dB まで 20 dB ごとに設定したりすることができます。

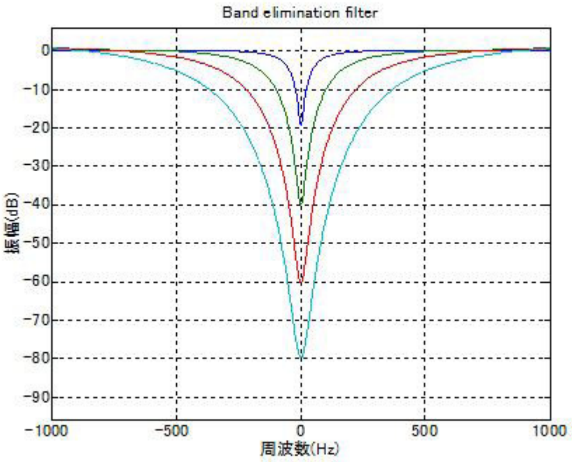


Fig. 65. バンドエリミネーション・フィルターの特性（参考）

受信

検波

● SSB、CW、FSK、PSK モードでの検波

SSB、CW、FSK、PSK モードでの検波処理には、実績のある PSN（Phase Shift Network）方式を継承しています。

PSN の最適な特性は、搭載されている IF フィルターの性能により決まります。TS-990 の IF フィルターのように急峻かつ減衰量の大きなフィルターを用いる場合、PSN によりキャンセルされるべき逆サイドの帯域は、わずかなものになります。IF フィルターの項では、スロープチューンや通過帯域幅と中心周波数のシフト量の変更といった機能や、SSB や CW モードでモードごとにシェイプファクターを決定する基準帯域幅が異なることを説明しました。PSN は、これらの IF フィルターに合わせて設計することで次数を下げられ、これによって PSN 方式の弱点とも言える低域側の群遅延特性を改善し、従来機より減衰がなく、低域までその特性を伸ばすことができました。

SSB モードでは、ローカット用のカットオフ周波数に「0 Hz」を設定することができます。これは、上記の PSN 方式を利用して最大まで低域を伸ばすよう、カットオフ周波数をキャリアポイントに設定していることを意味します。

フィルターの設定と合わせて、従来機との音質の違いを楽しんでいただければと思います。

● AM モードでの検波

AM モードでは、従来機と同様に絶対値を検波します。

● FSK モードでの検波

FSK モードではデコーダーがオン・オフのいずれの状態であっても PSN 方式で検波したオーディオ信号をスピーカーや外部端子へ出力します。さらに、デコーダーをオンにした状態では、IF 段からオーディオ出力用経路とは別の経路でミキサーやローパス・フィルターを介して、周波数検波し、RTTY のベースバンド信号を取得します。

RTTY 用デコーダーは、FSK モードで（シフト幅が 170 Hz に設定されている場合のみ）動作します。

● PSK31・PSK63 モードでの検波

PSK31・PSK63 用デコーダーは、PSK モードで動作します。

PSK モードでは RTTY モードと同様に、デコーダーがオン・オフのいずれの状態であっても PSN 方式で検波して、オーディオ信号をスピーカーや外部出力端子へ出力します。デコーダーをオンにすると、IF 段からオーディオ出力用経路とは別の経路でミキサーやローパス・フィルターを介して、遅延検波などを行って、PSK31・PSK63 のベースバンド信号を取得します。

PSK31 では BPSK と QPSK が選択でき、PSK63 では BPSK が選択できます。また、PSK31・PSK63 でデコードするときには AFC 機能（自動周波数制御）を使用することができます。AFC 処理は IF 段からデコーダーに至る経路で処理しますが、オーディオ出力信号については処理しません。これは、内蔵のデコーダーを使用しながら、オーディオ信号を PC に出力し、PC にインストールされたデコード用ソフトウェアなどで同時に AFC やデコードができることを考慮しているためです。

AF フィルター

● SSB、CW、FSK、PSK モード

AF フィルターは、インバンド AGC の後段に配置され、ローカットやハイカットもしくは通過帯域幅を切り替えたときに IF フィルターと連動して切り替わります。そのため、AF フィルターも IF フィルターと同様にスロープチューンや通過帯域幅や中心周波数のシフト量を変える機能を有しています。

AF フィルターは、IF フィルターを補助することや目的信号をより聞きやすくすることを目的としています。AF 段には、この他に CW や FSK モードのオーディオ・ピークフィルター、すべてのモードで受信 DSP イコライザーがあります。

TS-990 では、AF フィルター設計にもこだわり、AF 段での処理と謳いながらも検波前でフィルターで処理しており、実際には、IF 段での処理とも言えます。検波される直前の帯域制限は、性能のよい PSN 方式の検波との組み合わせで AF 段での帯域制限と等価になります。それにより、ローカットやハイカットを変更してスロープを整えられたり、AF として低域にあたる急峻なローカット・フィルターでも群遅延をハイカットと同程度の大きさに設計できたりするメリットがあり、これらが良好な音質の実現に寄与しています。

IF フィルターには、スロープを切り替える機能があります。一方、AF フィルターには、ローカットやハイカット、もしくは通過帯域幅で設定するカットオフ周波数に対する連動のさせ方として、「Narrow（狭）」「Medium（中）」「Wide（広）」の 3 段階から選択することができます。「Medium」は IF フィルターと同じ通過帯域、「Narrow」は IF フィルターより狭い通過帯域、「Wide」は IF フィルターより広い通過帯域になります。AF フィルターは聴感上の切れ味を向上させることや聴きやすさの改善効果があり、「Narrow」を設定すれば切れの良い音質に、「Wide」を設定すれば、IF フィルターと AGC の特性が強調されたアナログ的な音質となります。

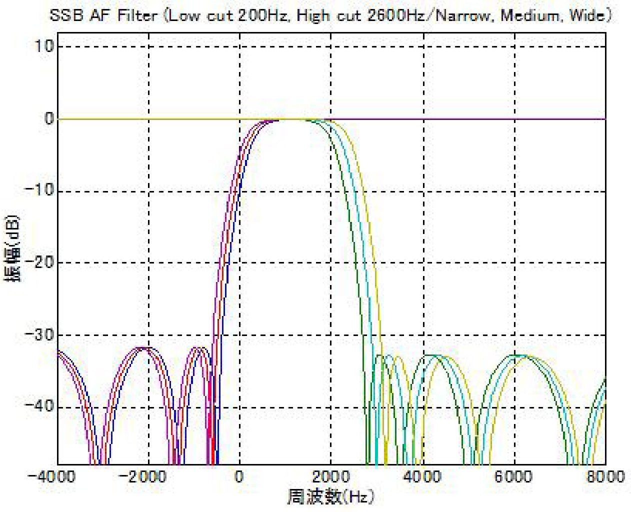


Fig. 66. SSB モードでスロープチューン時の通過特性比較

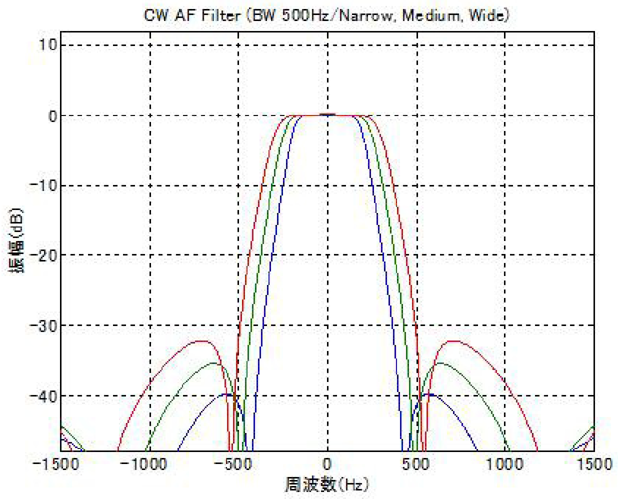


Fig. 67. CW モードでの通過特性比較

● AM、FM モード

AM モードの AF フィルターは、検波後に配置されています。カットオフ周波数（ハイ）を切り替えたときに IF フィルターの帯域幅が連動して切り替わり、ローカットは AF フィルターのみの設定となります。AM モードでは IF フィルターだけで帯域を広げると歪み感がありますので、AF フィルターと連動させることで音が前に出てきます。

FM モードでは検波 IC を利用していますので、AF フィルターのみの選択になります。CTCSS 機能がオンのときは、ハイパス・フィルターが挿入されることにより、ローカットを最大に広げた場合でもトーン信号が目立たないようになっています。このハイパス・フィルターは、CTCSS のオン・オフにより切り替わります。

AM、FM モードの AF フィルター特性は、「Narrow（狭）」「Medium（中）」「Wide（広）」の 3 段階から選択することができます。

オーディオ・ピークフィルター

オーディオ・ピークフィルターは、CW、FSK モードで使用することができます。

CW モードでは、ピッチ周波数をセンターとするピークフィルターをオーディオ・ピークフィルターと言い、「Narrow（狭）」「Mid（中）」「Wide（広）」の 3 段階から通過帯域特性を選択することができます。また、CW ピッチ周波数に対して ±200 Hz の範囲でシフトさせることも可能です。

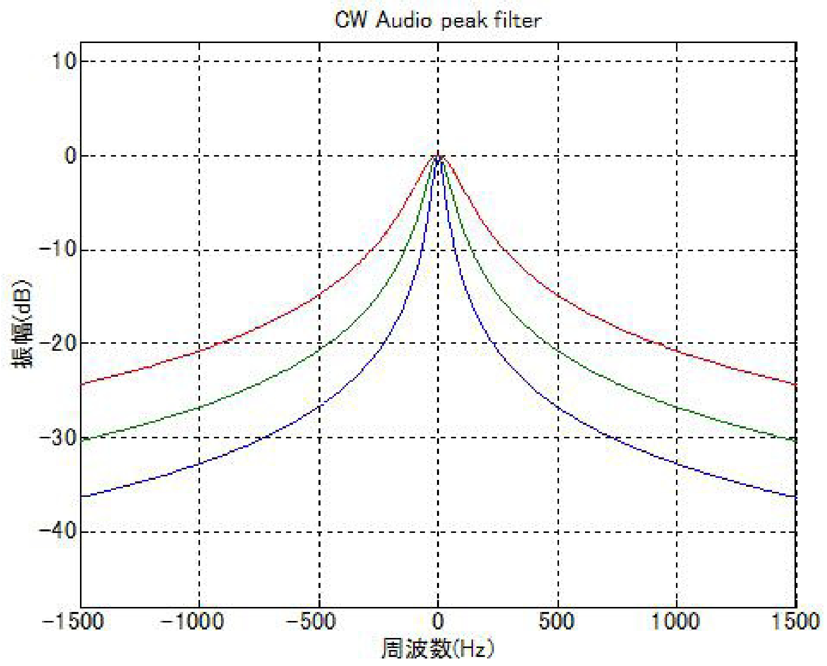


Fig. 68. CW オーディオ・ピークフィルターの特性

FSK モードのオーディオ・ピークフィルターは、マーク周波数とスペース周波数にピークを持つツイン・ピークフィルターです。このオーディオ・ピークフィルターは、RTTY シフト幅が 170 Hz に設定されたときのみ使用することができます。内蔵の RTTY デコーダーに入力される信号に対してはこのフィルターでは処理されず、スピーカーや外部端子へ出力するオーディオ信号に対してのみ効果があります。

ノイズリダクション

ノイズリダクションには NR1 と NR2 の 2 つの方式があり、運用モードや受信状況にあわせて最適な効果が得られるノイズリダクションを選択することができます。

NR1 は、運用モードによって動作するアルゴリズムが異なります。音声系モード（SSB、FM、AM）では音声信号に特化したスペクトル減算方式を採用したノイズリダクションが動作し、非音声系モード（CW、FSK、PSK）では周期信号を強調する働きをする適応フィルターを使用したラインエンハンサー方式のノイズリダクションが動作します。これらは、モードを切り替える操作に従って自動的に切り替わります。

NR2 は、SPAC と呼ばれる方式（自己相関関数を利用した音声処理方式）で、受信信号から検出した周期成分のみをつなぎ合わせたものを受信音声として再生します。

Table 12. 受信モードとノイズレダクションの動作アルゴリズム

ノイズリダクション方式	受信モード	
	SSB、AM、FM	CW、FSK、PSK
NR1	スペクトル減算	ラインエンハンサー
NR2	SPAC	SPAC

● スペクトル減算方式 NR1

スペクトル減算方式を採用した NR1 は、受信信号に含まれるノイズ成分を推定し、その推定したノイズ成分のみを受信信号から除去して（減算して）目的信号を浮かびあがらせます。

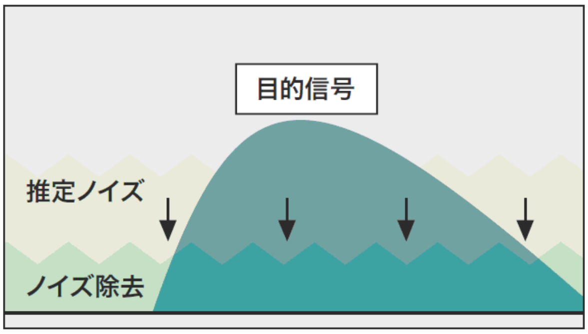


Fig. 69. スペクトル減算方式 NR1 の概念図

スペクトル減算方式は、SSB モードで弱信号を受信したときの受信信号の明瞭度を改善することを重視して開発されました。従来の NR1（ラインエンハンサー方式）と比較して音声の高域成分への影響が少なく、ノイズを減衰させながらも音質を最小限の劣化に抑えた音声出力を実現しています。

TS-990 では、スペクトル減算処理の特徴として原理的に発生するミュージカルノイズ（「キュルキュル」という細切れ音のようなもの）を低減する技術を採用しています。この技術によりミュージカルノイズの発生を大幅に抑制し、ノイズリダクションにありがちなデジタル処理の影響を低減しています。

また、スペクトル減算方式の NR1 は、ノイズの減衰量をコントロールすることによりスムーズにノイズの除去効果を調整することが可能です。

スペクトル減算方式 NR1 のノイズ推定処理は、定常的な音をノイズ成分と判定する為、原理的にビートや CW なども減衰の対象となります。よって、従来の NR1（ラインエンハンサー方式）がビートや CW を強調する働きだったことに対し、スペクトル減算方式の NR1 はビートや CW もノイズ成分と共に減衰させます。ただし、スペクトル減算方式の NR1 は CW やビートの除去を目的としていないため、その減衰幅は大きくありません。ビートや CW の除去を目的とする場合は、ビートキャンセラーを使用してください。

下図は、スペクトル減算方式 NR1 によりノイズに埋もれていた音声が浮かび上がる様子を示しています。

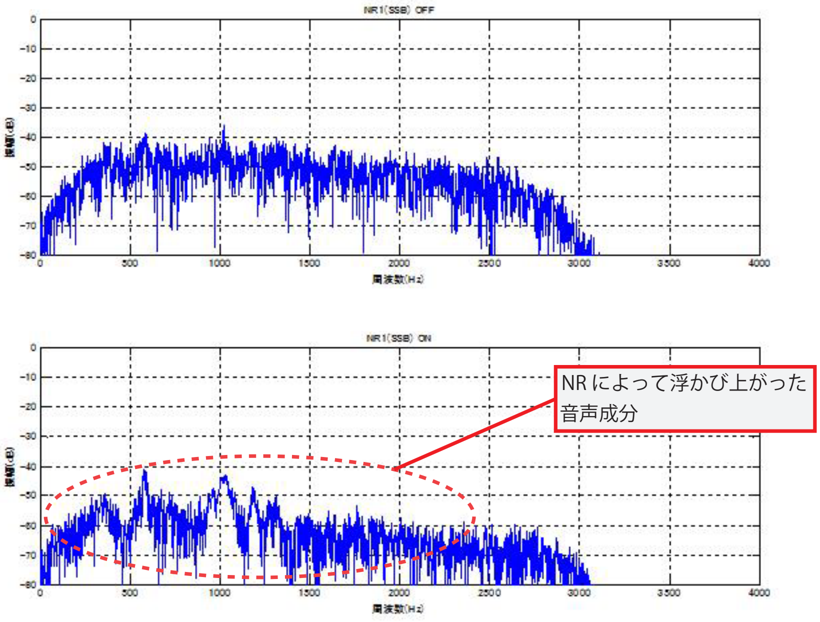


Fig. 70. スペクトル減算方式 NR1 の効果

● ラインエンハンサー方式 NR1

一般的な雑音抑制の信号処理として、DSP を用いたラインエンハンサー方式は広く利用されています。

ラインエンハンサー方式では、受信信号の周波数成分に応じて自動的に FIR フィルターの特性を変化させることにより、特に CW のような周期的信号に対して高いフィルター効果があり、 S/N 比を改善します。このように、自動的に周期的信号を通過させて強調する信号処理であることから、ラインエンハンサー（線スペクトル強調器）と呼ばれています。比較的単純な信号処理で S/N 比の改善効果が得られる信号処理方式ですが、反面、SSB モードで弱信号を処理すると音がこもってしまうなどの弱点もあり、TS-990 では非音声系信号に対するノイズリダクションと位置付けています。

下図は、ラインエンハンサー方式 NR1 によりトーン信号の S/N 比が改善する様子を示しています。

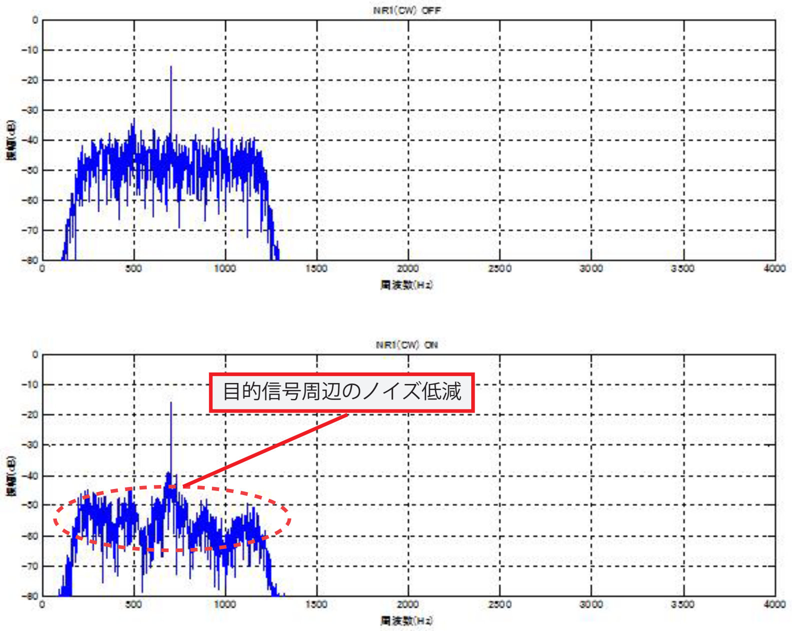


Fig. 71. ラインエンハンサー方式 NR 1 の効果

● SPAC 方式 NR 2

NR2 は、SPAC と呼ばれる自己相関関数を利用した音声処理方式を採用したノイズリダクションです。

この方式は、受信信号に含まれる周期信号を検出し、検出した周期信号をつなぎ合わせたものを受信音声として再生します。その結果、受信音声に含まれている周期的な信号だけが浮かび上がります。

ラインエンハンサー方式 NR1 の実体はフィルターですが、NR2 はラインエンハンサー方式とは異なるアプローチで信号処理をしています。そのため、NR2 は、CW 信号のような単一周波数の信号に対して有効です。また、この処理は、信号の立ち上がりを素早く検出する特徴があるため、CW 信号のアタック部分を聞き取り易くする効果も得られます。このような背景から、NR2 は CW モードでの運用にとても有効な機能です。ただし、原理的に周期性の低い音声信号に対しては周期信号のつなぎ合わせの部分でノイズが発生することがあり、これにより音声が聞きづらくなる場合があります。実際の運用では、SSB モードでは NR1 を使用し、CW モードでは NR1 と NR2 とを使い分けることをお勧めします。

NR2 では、周期信号検出にとって重要な自己相関時間を 2 ms から 20 ms の範囲から設定することができます。最適な自己相関時間は、受信信号に含まれる目的信号の周波数やノイズの状況などの受信状態によって異なります。実際に信号を受信しながら最も効果が得られるように、相関時間を設定してください。

下図は、NR2 によりトーン信号の S/N 比が改善する様子を示します。

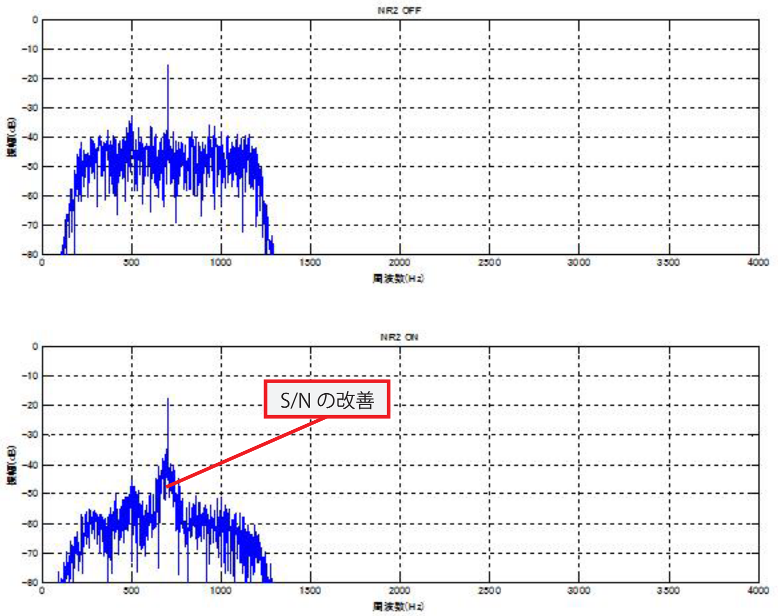


Fig. 72. NR2 の効果

ビートキャンセラー

オート・ノッチフィルターが IF 段で信号処理をするのに対し、AF 段でビート抑圧処理をするのがビートキャンセラー（BC）です。オート・ノッチフィルターが 単一のビート信号だけに効果があるのに対して、ビートキャンセラーは、複数のビート信号に効果があります。

ビートキャンセラーには、ラインエンハンサー方式 NR1 と同じ種類の適応フィルター技術が採用されており、ラインエンハンサーの出力と入力信号の差を出力とすることにより、入力信号からビート信号のような周期的信号をキャンセルします。

下図は、ビートキャンセラーにより複数のビート信号がキャンセルされる様子を示しています。

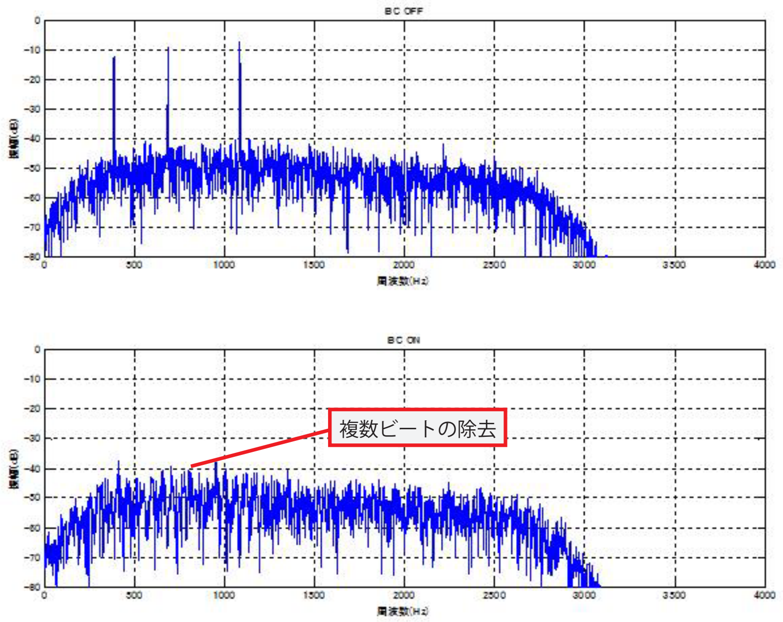


Fig. 73. ビートキャンセラーの効果

ビートキャンセラーには、BC1 と BC2 の 2 種類があります。BC1 は弱いビート信号や連続したビート信号に、BC2 はモールス信号のような断続的なビート信号に効果があるようにチューニングされています。ビートキャンセラーはビート信号を除去する機能のため、CW、FSK および PSK モードでは動作しません。

受信中の近隣周波数に目的の信号よりも強力なビート混信がある場合には、ビート信号により AGC が動作することがあります。ビートキャンセラーは AF 段で信号を処理するため、ビート信号を除去しますが、目的の信号が浮かびあがらず、抑圧されたまま受信してしまいます。このような場合には、IF 段で動作するオート・ノッチフィルターあるいはマニュアル・ノッチフィルターが効果的です。

送信

変調

● SSB モード

マイクロホンや外部入力端子から入力された音声信号は、送信 DSP イコライザー、マイクゲインや送信フィルターで処理された後に変調されます。SSB 変調は、従来機で実績がある PSN 方式を採用し、24 kHz のキャリアで変調し、IF 段で変調波になります。

検波とは異なり、変調には、入力帯域に対して十分なサイドバンド・サプレッションが確保されていなければなりません。この PSN の特性は、送信用の帯域制限フィルターである送信フィルターの特性に合わせ、十分なサプレッションが得られるように設計されています。

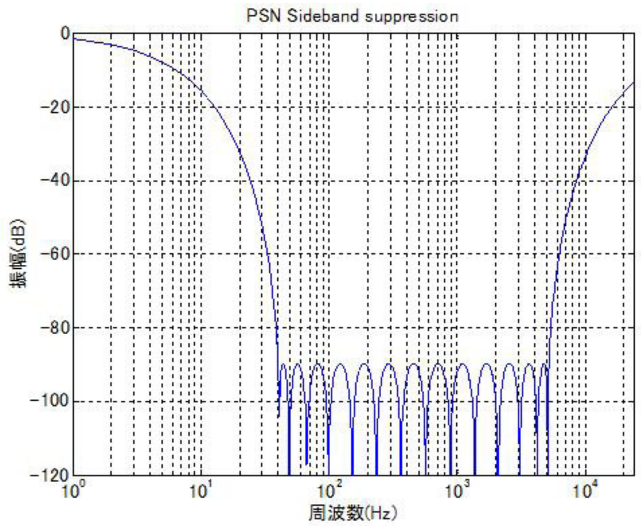


Fig. 74. SSB 変調用 PSN の逆サイドバンド・サプレッション特性

送信フィルターは、IIR フィルターによるローパス・フィルターとハイパス・フィルターを組み合わせた機能で、帯域を切り替えることができます。ハイカットでは、2.5 kHz から 3 kHz までの値を設定すると 3 kHz 以上の成分が十分に減衰するようになっていますが、3.5 kHz から 4 kHz までの値を設定すると、より高域を伸ばすことができるようになっています。実際に運用する場合は、許された占有帯域幅以下となるように設定してください。

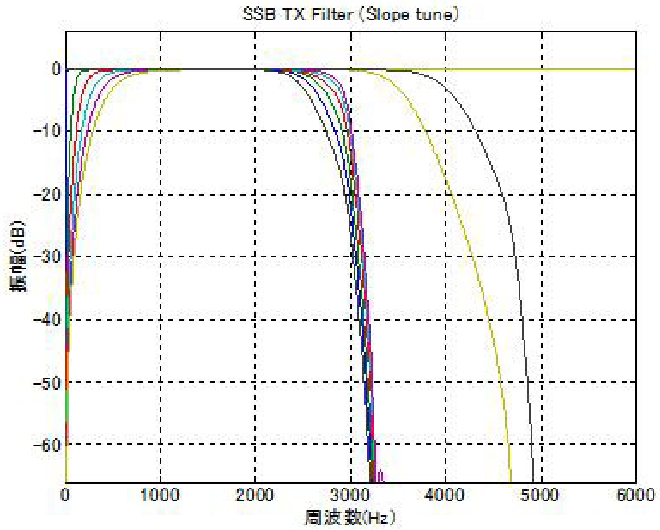


Fig. 75. SSB 送信フィルターの特性

スピーチプロセッサーがオンのときには、IF 段の変調波をコンプレッサーとバンドパス・フィルターで処理してから信号を出力します。送信モニター音は、スピーチプロセッサーの IF 化に伴い、変調波を検波してからモニター音として出力させています。実際に電波として出力される音声に近い形でモニターすることができます。

● CW モード

CW キーイングの信号は、占有帯域幅が広がらないよう、振幅の変化を最適化するために、立ち上り波形と立下り波形をフィルターにより波形整形しています。ライズタイムの設定で 4 段階（1、2、4、6 ms）から立ち上がり時間を切り替えることができます。数字が小さいと立ち上がりが急峻でパンチが利いた音質になり、数字が大きいと立ち上がりが緩やかで聞きやすい音質になります。

波形を整形したキーイング信号をベースバンド信号とし、24 kHz のキャリアと乗算して IF 段の変調波を生成します。また、CW ピッチ周波数に連動した正確なトーン周波数のキャリアと乗算してサイドトーンを生成します。立ち上がり波形や立ち下がり波形は、IF 段の変調波と同じ波形になります。

● FSK モード

FSK キーイングで生成した信号はベースバンド・フィルターで処理され、シフト幅 170 Hzで変調された 24 kHz の変調波を生成します。また、オーディオのマーク周波数を基準として周波数を偏移させ、モニター音として出力します。

RTTY エンコーダーを使用する場合は、USB キーボードやメッセージメモリーからの ASCII コードを 5 単位に変換し、スタートビットとストップビットを付加したものをキーイング信号として、上記と同様に変調します。

● PSK モード

PSK モードでは、PSK31 や PSK63 用エンコーダーがオンのときのみに変調波を出力します。PSK31 や PSK63 用エンコーダーがオフのときは、変調波は出力されません。

PSK31 や PSK63 用エンコーダーは、PSK31 では BPSK と QPSK のいずれかを選択することができ、PSK63 では BPSK を使用することができます。USB キーボードやメッセージメモリーからの ASCII コードを Varicode と呼ばれるコードに変換し、QPSK では加えて畳み込み符号化処理をします。ベースバンド・フィルターで処理した後に 24 kHz のキャリアで直交変調し、IF 段の変調波を生成します。別途、PSK モードでのトーン周波数のキャリアで直交変調し、モニター音として出力します。

● AM モード

AM モードでは、マイクロホンや外部入力端子からの音声を送信 DSP イコライザー、マイクゲインや送信フィルターで処理し、変調度に合わせた直流信号を付加し、24 kHz のキャリアを乗算してから IF 段の変調波を生成します。変調波を SSB モードと同様に検波して、モニター音として出力します。

● FM モード

FM モードでは、マイクロホンや外部入力端子からの音声を送信 DSP イコライザーやマイクゲインで処理し、3 kHz の帯域制限をした後、プリエンファシス・フィルターで処理して CTCSS トーンを付加します。また、アナログ段の変調特性に合わせて、周波数特性を補正します。

マイクゲイン・コントロール

マイクゲインは、**[MIC]** ツマミ（前面パネル）を回してデジタル的に調整します。

マイクロホンからの音声は AD コンバーターによってデジタル信号に変換され、DSP に入力されます。DSP に入った送信用音声信号は、送信フィルターで帯域を制限され、DSP に設定された基準レベル以下となるように AF AGC によってレベルを制御されます。送信用音声信号のレベルに対してマイクゲインの設定値が高い場合など、信号レベルが基準レベルを超えると、送信オーディオゲインを下げるように動作します。この基準レベルは、SSB モードでは ALC メーターが振り切れるレベル、AM、FM モードでは最大変調度になるレベルです。

TS-990 では、マイクロホンからの入力に加えて、**ACC 2** コネクターからの入力、USB オーディオ入力、光デジタル入力の複数の信号をミックスして変調をかけることができます（**ACC 2** コネクターからの入力と USB オーディオ入力はどちらか一方を選択できます）。それぞれの経路に対するマイクゲインは独立して調整することができます。マイクゲインは上記のように **[MIC]** ツマミを回して設定し、その他の音源ではメニュー画面で設定します。それぞれの経路ごとにマイクゲインを調整し、それぞれからの信号をミックスして、送信フィルターに送られます。したがって、送信オーディオゲインのコントロールは、ミックスされた音声に対して動作することになります。

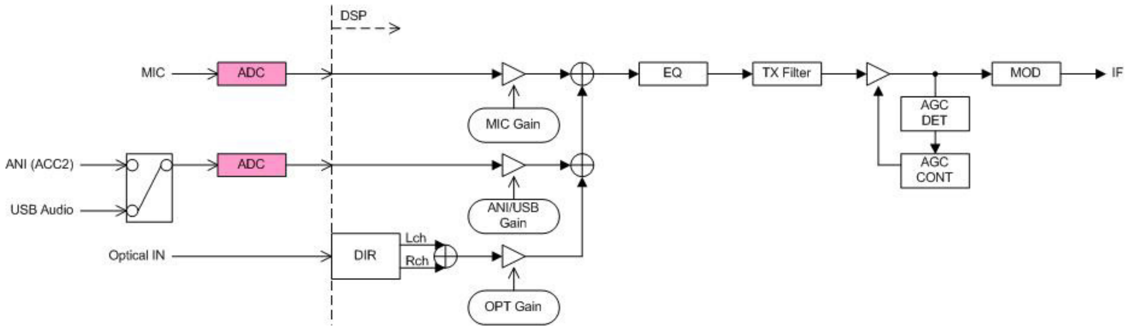


Fig. 76. マイクロホン、ACC2 コネクター、USB オーディオ入力および光デジタル入力とゲイン処理

スピーチプロセッサー

TS-990 は、SSB モードでは IF 段のスピーチプロセッサー（以下、IF スピーチプロセッサー）、AM と FM モードでは AF 段のスピーチプロセッサー（以下、AF スピーチプロセッサー）を実装しています。

スピーチプロセッサーとは、相手局での了解度を高めるために、マイクロホンから入力した音声を最大電力の範囲で平均電力を増幅する機能です。スピーチプロセッサーは、SSBモード向けの機能として平均電力を増幅しますが、AM、FM モードでも平均変調度が増大し、相手局での了解度が上がります。

IF スピーチプロセッサーは、IF 段で変調波を圧縮します。AF 段での圧縮処理と異なり、圧縮による歪みで発生する高調波は、音声信号の帯域外となります。圧縮した後の信号はバンドパス・フィルターにより音声帯域外の歪成分が除去され、AF スピーチプロセッサーよりも歪みにくく、高い平均電力（トークパワー）を実現することができます。

パイルアップに打ち勝つために、パンチ力のある音質を求める場合は、**スピーチプロセッサー効果**画面で「HARD」を設定します。「SOFT」に比べ、コンプレッサーがより変調波を圧縮するようになります。TS-990 は、「HARD」と「SOFT」とを切り替えても周波数特性が変化しないように設計しています。

送信音声をモニターし、COMP メーターを目視しながら **[PROC IN]** ツマミを回して適切な圧縮レベルになるよう調整し、ALCメーターを目視しながら **[PROC OUT]** ツマミを回して適切なレベルになるように調整します。

下図は、IF スピーチプロセッサーをオフにした場合の変調信号の波形、「SOFT」および「HARD」に設定した場合に圧縮された変調信号の波形を示しています。

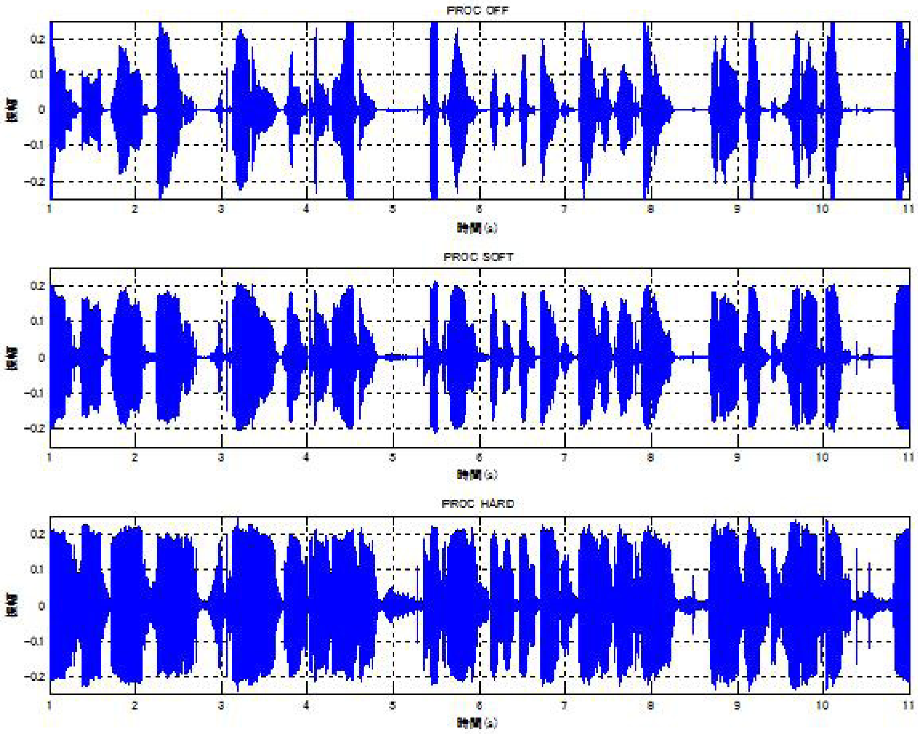


Fig. 77. IF スピーチプロセッサーの設定ごとの IF 変調信号

IF スピーチプロセッサーをオンにすると振幅の高低差が小さくなり、トークパワーが増大していることが判ります。

バンドスコープ

当社として TS-990 で初めて搭載されたバンドスコープは、他社無線機で広く採用されている掃引型バンドスコープとは異なる FFT（高速フーリエ変換）型のバンドスコープです。

FFT 型バンドスコープは「表示スペクトル更新の速さ」と「近接した信号の見分け易さ（周波数分解能）」という点において優れています。様々な局が混在し、刻々と変化する周波数帯の状況を把握する目的に適した方式として、FFT 型バンドスコープを新規に開発しました。

FFT 型バンドスコープの特徴

掃引型バンドスコープは、文字通り表示周波数スパンの端から端までを掃く（スィープする）ように信号レベルを検出しながらスペクトルを更新していきます。これに対して FFT 型バンドスコープは、一定の周波数帯域（10 kHz）の信号をまとめて解析します。表示周波数スパンが広い場合は、FFT による周波数解析を繰り返し、解析結果を結合してからスペクトル表示を更新します。

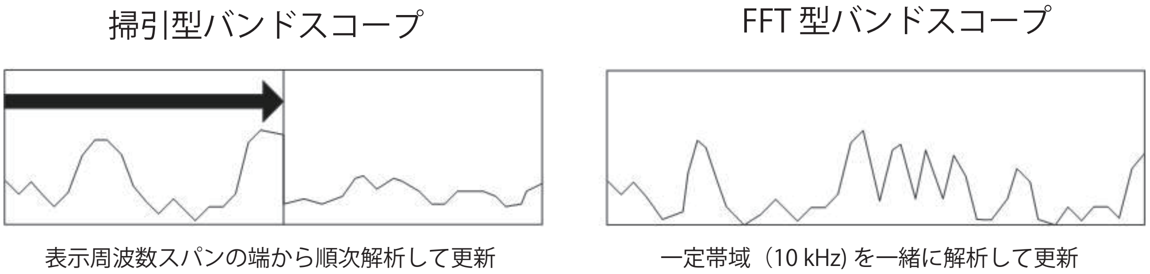


Fig. 78. 掃引型と FFT 型のスペクトル解析方法の違い

掃引型バンドスコープでは、スペクトル更新速度を上げると、周波数分解能が低くなったり表示スペクトルの歪みが発生したりするため、スペクトル更新速度に限界があります（毎秒 5 回程度）。一方、FFT 型バンドスコープでは、掃引式バンドスコープと比べて更新速度を 2 倍にしても、高い周波数分解能を保つことができます。

高い周波数分解能により、複数の近接した CW 信号でも見分けることができます。表示周波数スパンを狭くすると、より近接した信号を見分けられるようになり、たとえば、表示周波数スパンが 5 kHz の場合、40 Hz 離れた CW 信号を見分けることができます。

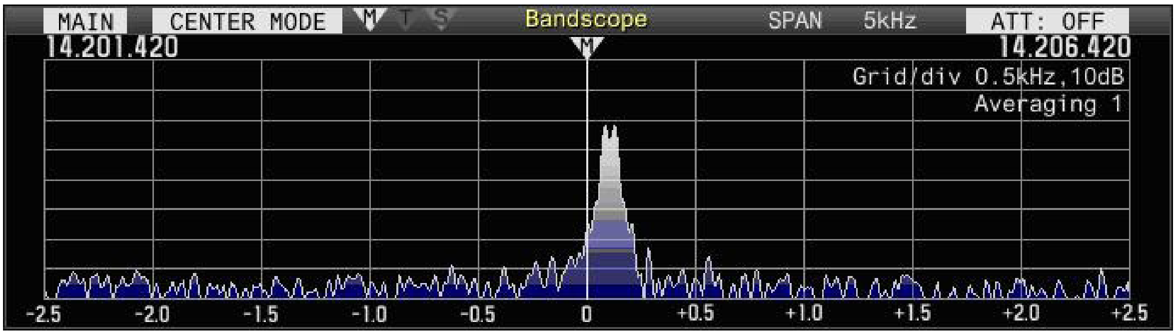


Fig. 79. 周波数の差が 40 Hz の 2 種類の信号を受信した場合

様々な信号の表示例

上述のように掃引型バンドスコープと FFT 型バンドスコープは、解析方式の違いからスペクトルの見た目も異なります。ここでは、バンドスコープでの様々な信号の見え方の実例を説明します。バンドスコープ画面から信号の状況を推測することができます。

● CW モード

高い周波数解像度により複数の局が混在していても各局を分離して確認することができます。また、ウォーターフォール表示を使用すると、微弱な CW 信号を識別することができます。

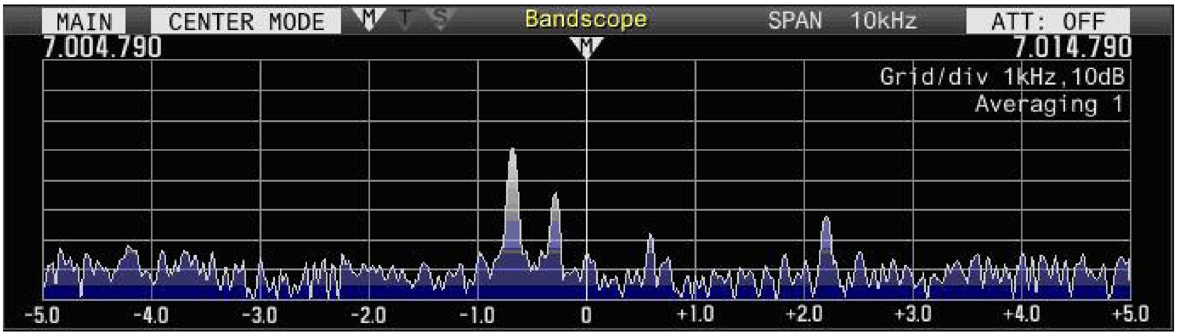


Fig. 80. CW 信号を受信したときのバンドスコープの表示例

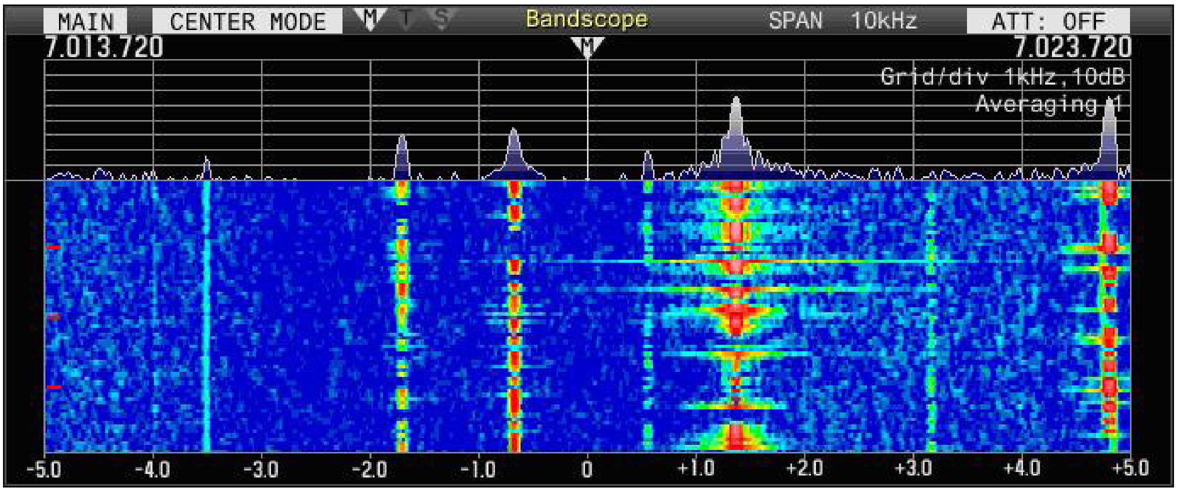


Fig. 81. CW 信号を受信したときのバンドスコープの表示例（ウォーターフォール表示）

● SSB モード

音声信号の形状がはっきりとスペクトルに表れるため、相手局の周波数に同調するときに視覚的に確認することができます。

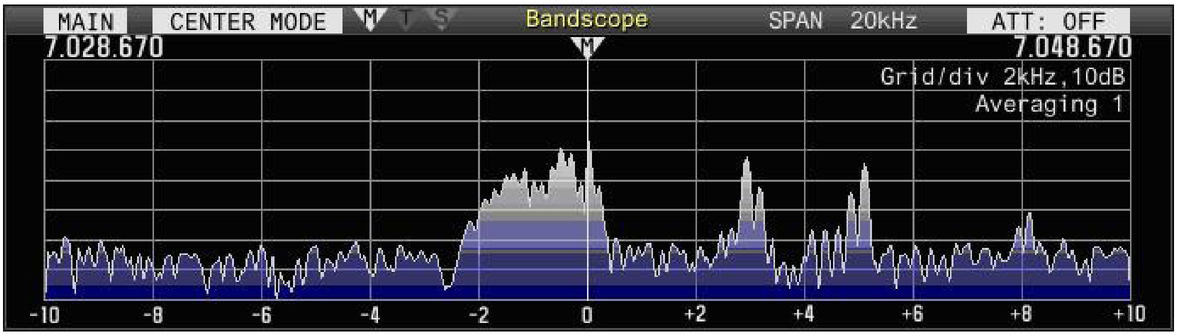


Fig. 82. SSB モード（LSB 側）受信信号のバンドスコープの表示例

● AM モード

FFT バンドスコープは、10 kHz ごとの帯域をまとめて周波数を解析するため、表示周波数のスパンを 10 kHz 以内に設定すれば表示周波数の範囲内で時間差がなくなります。AM 変調波を受信した場合は、キャリアを中心にしておおよそ左右対称のスペクトルを観測することができます。

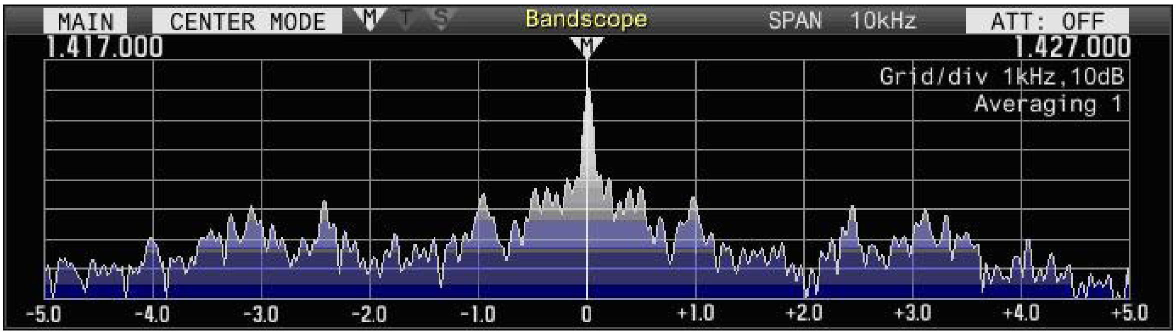


Fig. 83. AM モードでの受信信号のバンドスコープの表示例

● RTTY モード

高い周波数分解能は、マーク信号とスペース信号とをはっきりと分離し、RTTY の特徴的なスペクトルを観測することができます。

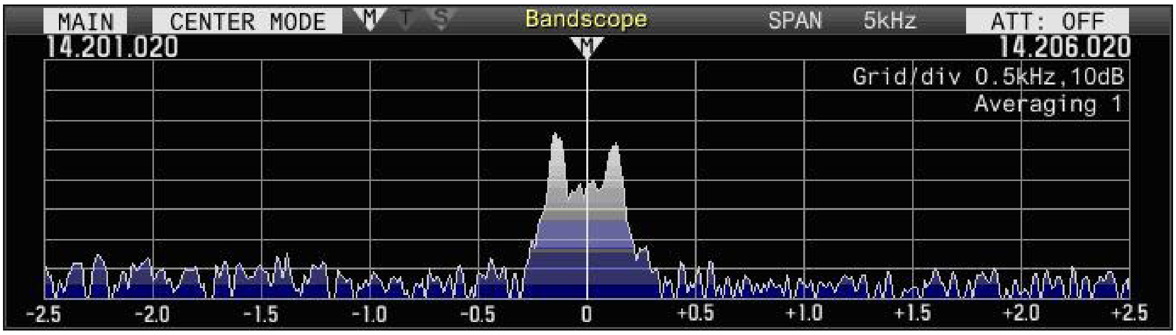


Fig. 84. RTTY モードでの受信信号のバンドスコープの表示例

その他

送信、受信 DSP イコライザー

受信 DSP イコライザー（RX EQ）では、手軽に受信音質を調整することができます。プリセットされた各種イコライザーカーブからお好みの音質を選択し、さらに微調整をすることができます。

同様に、送信音質も送信 DSP イコライザー（TX EQ）で調整することができます。マイクロホンの特性を補正したり、自分の音声の特性にあわせて補正をかけたりすることができます。

送信イコライザー調整画面や**受信イコライザー調整**画面では、18 バンドに分割された各帯域の音量を調整することができます。プリセットされたイコライザーカーブをカスタマイズしたり、独自に設定したりすることが可能です。これは、TS-590 では PC 用ソフトウェア、ARCP-590、を使用するとイコライザーの設定をカスタマイズすることができましたが、TS-990 では**送信イコライザー調整**画面や**受信イコライザー調整**画面で設定できるようになりました。この機能を使用すると、さらに多彩なイコライジングが可能になります。

通常、オーディオ用グラフィック・イコライザーは、オクターブ単位での分割が一般的です。TS-990 のイコライザーは、300 Hz の倍数で分割するように設計されています。このため、特定周波数にノッチを挿入したり、複雑な周波数解析結果を再現させたりすることができます。また、**送信イコライザー調整**画面や**受信イコライザー調整**画面での設定はすぐさま音質に反映されるため、音声を聞きながら細かく調整することができます。

カスタマイズしたイコライザーデータは、USB メモリーに保存することもできます。お好みの音質設定は、USB メモリーからすぐさま TS-990 で設定することができます。

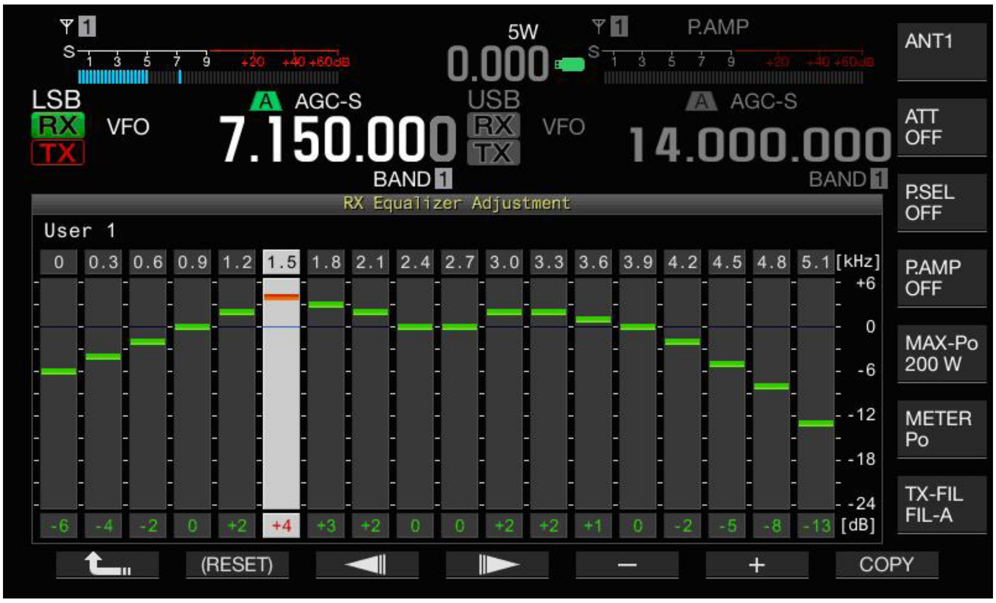


Fig. 85. 受信 イコライザー調整画面における設定のカスタマイズ

ボイスガイダンス

TS-990 では、ボイスガイダンス機能を DSP に内蔵することにより、従来機のように音声ガイド・録音再生ユニットをオプションとして搭載しなくても、本体のみでボイスガイダンスや再生の機能が利用できます。

一新されたボイスガイダンスの速度調整機能により、発声速度を上げてもガイダンスの音程が変化せず、より自然な速度の調整を実現しています。

光デジタル入出力

TS-990 に搭載している DSP は、光デジタル信号のエンコーダーとデコーダーを内蔵しているため、光デジタル入出力端子に接続された光デジタル信号に対応する機器は、アナログ回路を経由することなく TS-990 内部の DSP と直接信号をやり取りするようになります。

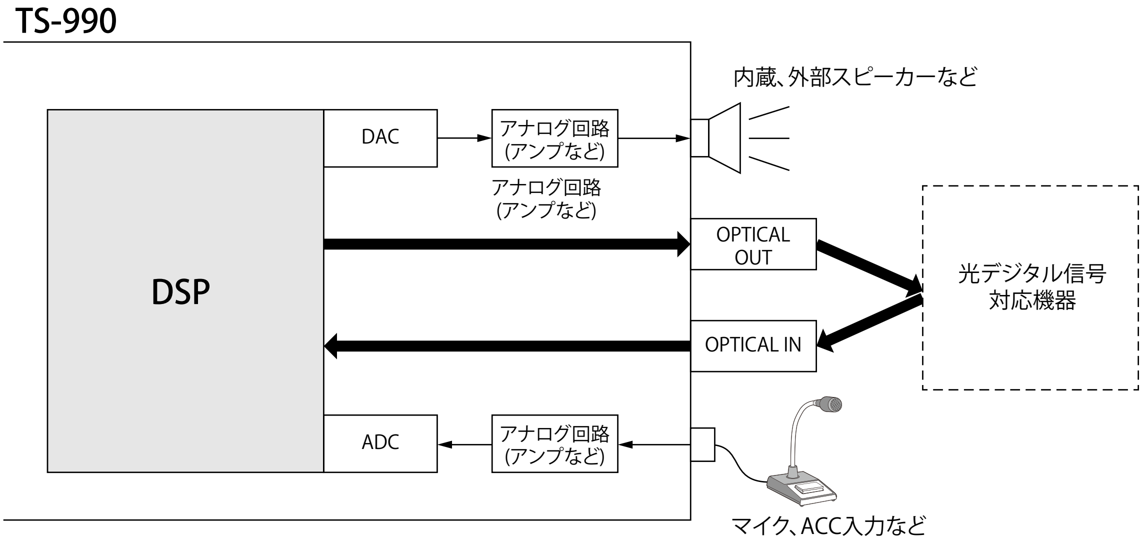


Fig. 86. 光デジタル入出力端子とマイクロホン入力やスピーカー出力との経路の違い

また、DSP 内部で高精度サンプリングレート変換が動作するため、TS-990 に入力する光デジタル信号は、サンプリング周波数 48 kHz および 44.1 kHz のいずれにも対応しています。

TS-990には、9個のCPUやDSPなどのプロセッサーが搭載されています。それぞれのプロセッサーは、コントロールユニット、DSPユニットやデジタルユニットなどに搭載されており、それぞれのプロセッサーが連携して動作することによってTS-990の多彩な機能を実現しています。本章では、機能説明や便利な使用方法など、TS-990に搭載されているソフトウェアを中心に説明します。

プロセッサーの接続

TS-990に搭載されているプロセッサーは、目的や用途に応じて、過不足がなく最適な能力を発揮するデバイスを選定しています。プロセッサーに大きな負荷があるときに処理が重なっても、操作や動作に影響が出ることはありません。プロセッサーはユニットごとに配置されており、プロセッサー同士は、UART（汎用非同期送受信回路）やSPIバスで通信しています。与えられた役割や用途から必要な伝送速度と最適な通信方式が採用されています。

デュアル TFT ディスプレイ

TS-990 が有する豊富な機能や情報を効率よく表示するため、TS-990 には 2 個の TFT ディスプレイが搭載されています。従来機種に搭載されているセグメントタイプの液晶表示は、運用周波数の表示が主な目的で、機能のオン・オフの状態などはアイコン表示に委ねられていました。そのため、ウォーターフォールや RTTY や PSK の変復調文字列の表示など、運用環境や送受信の状態で刻々と変化する状態や情報の表示には対応できませんでした。しかし、TFT ディスプレイを採用した TS-990 では、これらの表示を実現できました。

表示上の大きな特徴である2種類のバンドスコープは、それぞれに役割があります。メインスクリーン（7インチ）ではバンド内の状況や目的信号の周囲をモニターすること、サブスクリーン（3.5インチ）では受信中の信号自体をモニターすることを役割にしています。

メインスクリーン

メインスクリーンでは、基本的な情報となる運用周波数表示やメーター、それぞれの機能のオン・オフの状態を示すアイコンがスクリーン上部に機能的に配置されています。また、それぞれの機能の設定画面や**RTTY/PSKエンコード・デコード**画面、**メモリーチャンネルリスト**画面、およびバンドの状況をモニターするバンドスコープ画面がスクリーン下部に配置されています。これらの画面は必要に応じて切り替えることができます。

メインスクリーンの表示内容は、**DISPLAY** コネクター（背面パネル）から出力させることができます。外部モニターを接続すると、ウォーターフォールなどの細かい波形の動きも、さらに識別しやすくなります。

メインスクリーンには、多くの情報が集中的に表示されています。瞬時に視認できるように表示の配置や色彩には入念な検討と工夫を凝らしていますので、識別しやすくなっています。

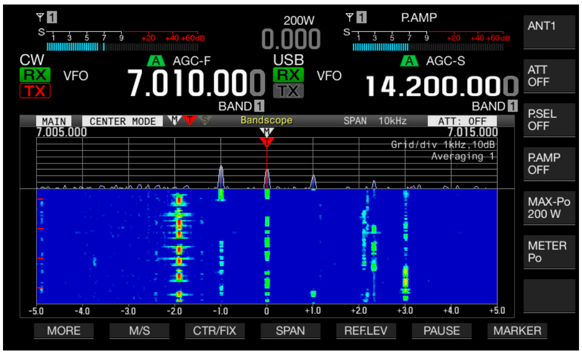


Fig. 87. ウォーターフォール表示例

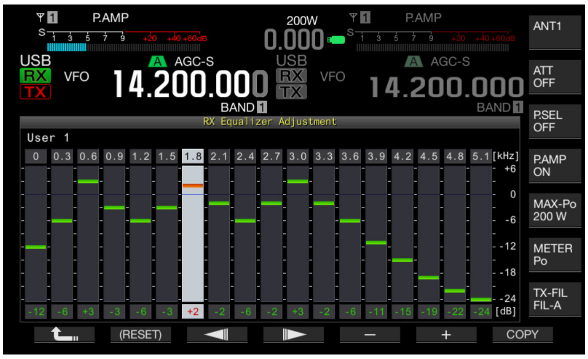


Fig. 88. イコライザー表示例

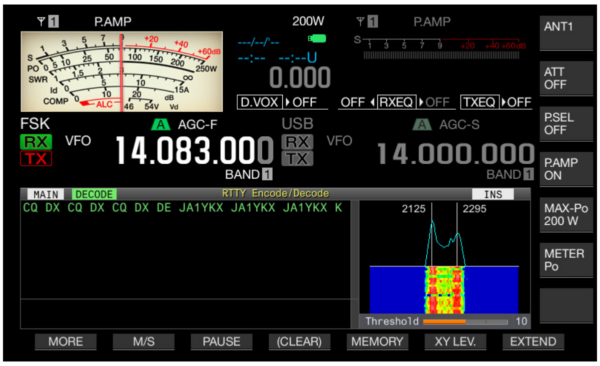


Fig. 89. RTTY デコード表示例

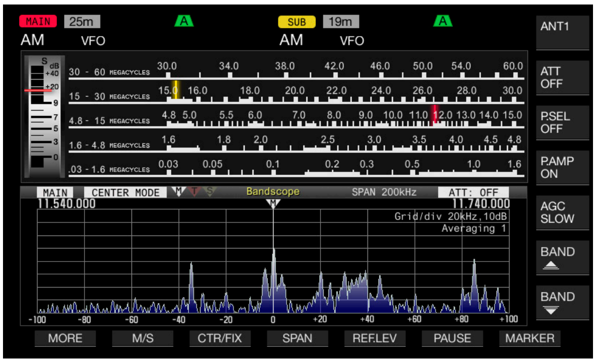


Fig. 90. SWL モード表示例

メーター

メインスクリーンの左上部に表示されているメーターは、3 種類のメーターから切り替えることができます。TS-930 や TS-940 を彷彿させる 2 種類のアナログタイプのメーター、そして TS-950 で採用された、送信時に 3 種類の情報を表示するデジタルタイプのメーターがあります。

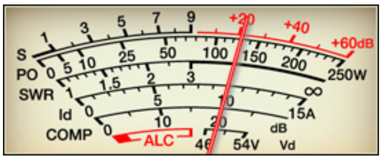


Fig. 91. TS-930 アナログタイプのメーター

Fig. 92. TS-940 アナログタイプのメーター

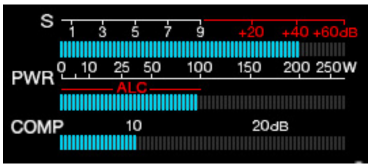


Fig. 93. デジタルタイプのメーター

アナログメーターとして用意したメーターは、実際にはメインスクリーンに表示させる仮想のメーターです。しかし、オペレーターが運用中に頻繁に信号の状態を観測するため、メーター表示はいわば無線機の顔とも言える部分を担っています。その大切さに息吹を与えたい思いから、時間をかけて綿密に検討しました。メーターの文字板、パイロットランプが文字板を照らす方向や角度、針や針の影、光沢感などの表現力にもこだわりました。

どのメーターも観測しやすいように、アナログメーター用にメニュー 0-09「Meter Response Speed」で応答速度を切り替えたり、デジタルメーター用にメニュー 0-11「Meter Display Peak Hold」でピークホールドを設定したりすることができます。

機能設定画面、バンドスコープ画面

メインスクリーンの下部は初期状態では何も表示されていませんが、**バンドスコープ**画面や**ウォーターフォール**画面、**RTTY/PSK エンコード・デコード**画面など、様々な画面が表示されるエリアです。機能の設定をするときには、その機能に応じた設定画面がここに表示されます。

RTTY/PSK エンコード・デコード画面やメモリーチャンネルリスト画面を表示しているときは、F **[EXTEND]** キーを押して表示エリアを広げることができます。

RTTY/PSK エンコード・デコード画面や機能設定画面を表示しているときでも **[SCP]** を押せば、これらの画面の上に**バンドスコープ**画面が圧縮されて表示されますので、いつでも電波状況を確認することができます。

タッチスクリーン

Fig. 94. タッチスクリーン機能（メインスクリーンに触れる）

運用中に**バンドスコープ**画面や**ウォーターフォール**画面で気になる信号が表示されることがあります。気になった信号を受信するには、まず画面のその部分を触れ、素早く目的の周波数付近に移動することができますので、そこから**同調**ツマミを回して周波数を微調整します。CW モードでは、**ウォーターフォール**画面を長く触れると CW オートチューンが開始しますので、より高精度に同調することができます。SSB モードでは、画面を触れたときにゼロインしやすくするため、マーカー位置がキャリア周波数に対して 500Hz シフトしています（シフト量はメニューで変更可能です）。

タッチスクリーンには、大きく分けて「静電容量式」と「抵抗膜方式」の 2 種類があります。TS-990 では送信機能も搭載していますので、回り込みに影響されにくいとされる抵抗膜式を採用しています。

サブスクリーン

メインスクリーンに加えてサブスクリーンを搭載した最大の狙いは、**同調**ツマミ（メイン）のすぐ上部に周波数を表示させて、周波数を視認しやすくすることにあります。ワッチしているとき視線の移動を最小に抑えるため、あえて小型のディスプレイを配置して、今までに無い利便性と快適な運用を実現しました。

サブスクリーンは、TS-990 が受信した信号の状態を表示したり、オペレーターの操作を支援したりすることを目的としています。送信周波数と受信周波数の差（⊿F）が把握しやすいような ⊿F 表示や、受信フィルターの形状に重ね合わせてオーディオスペクトラムが表示されるサブスコープ、RTTY や PSK モードで同調させるのに便利な大型の X-Y モニターやベクトルスコープを表示しています。これらのスコープ表示の代わりに、メカニカル・ダイヤルの表示や運用周波数を拡大して表示することもできます。

サブスコープ

サブスコープは、復調されたオーディオ信号を FFT（高速フーリエ変換）処理してスペクトルを表示します。つまり、実際に聞こえている音がイメージ（スペクトル）として描画されます。フィルターのカットオフ周波数と、復調された周波数スペクトルの関係をわかりやすくするため、これらを重ね合わせて描画しています。通過帯域に存在する目的信号や妨害信号の関係が、聴感上だけでなく瞬時に視認することができます。

マニュアル・ノッチフィルターやバンドエリミネーション・フィルターがオンになると、ノッチの中心周波数を示す指標が追加されます。**[NOTCH]** ツマミでノッチ周波数を調整するときに、聴感上の妨害信号除去に加え、妨害信号の減衰状況を目で見ながら調整することができます。

RTTY や PSK モードで同調するときに指標となる X-Y スコープやベクトルスコープは、オシロスコープをイメージしてデザインしました。メインスクリーンには、オーディオ FFT スコープを表示することができますので、これを観測しながら同調することもできます。

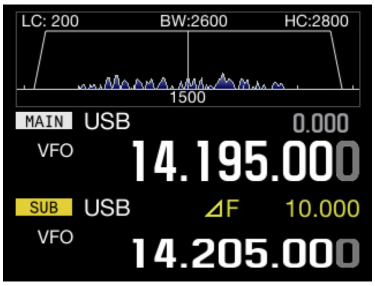


Fig. 95. ⊿F 表示

Fig. 96. メカニカル・ダイヤル表示

Fig. 97. X-Yスコープ（FSKモード）

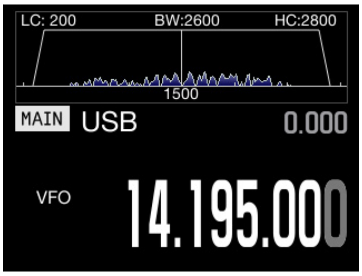


Fig. 98. シングル周波数拡大表示

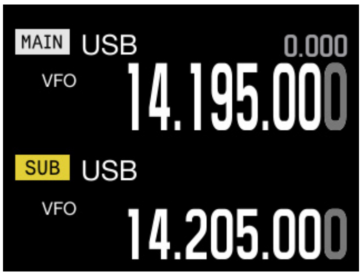


Fig. 99. 周波数拡大表示（スコープなし）

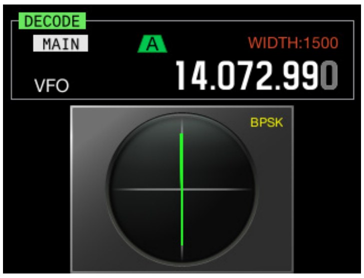


Fig. 100. ベクトルスコープ（PSK モード）

メカニカル・ダイヤル表示

TS-990 では、TFT ディスプレイの特徴をフルに活かし、昔懐かしい機械式のメインダイヤルを模してメカニカル・ダイヤルを表示させることができます。TS-990 のメカニカル・ダイヤル表示は、現代風にデザインし直されており、「R-820/TS-820 タイプ」と「TS-520 タイプ」の 2 種類を用意しました。

直感的な操作を実現したスプリット運用の切り替え

TS-950 シリーズでは、スプリット機能と二波同時受信機能の操作が複雑でした。TS-990 ではこれらの操作を判りやすくし、メインバンドとサブバンドを使って直感的に操作できるようにしました。基本的には、シンプレックス運用はメインバンドで送信、スプリット運用はサブバンドで送信します。

同調ツマミ（メイン）の上部にある **[RX]**（サブ）キーで二波同時受信のオン・オフを、**[TX]**（メイン）キーと **[TX]**（サブ）キーでシンプレックス運用とスプリット運用とを切り替えます。

Fig. 101. スプリット運用に適したキー配置

素早く設定できる新しいスプリット周波数設定方法

新しいスプリット送信周波数設定方法を使って、素早くパイルアップに参戦できます。

相手局（受信周波数）に対する送信周波数が決まったら、**[TX]**（サブ）キーを長く押します。 SPLIT LED が点滅し、テンキーの LED が点灯します。ここで、「アップ 5 kHz」ならテンキーの **[5]** キーを押します。設定はこれだけで終わりです。

また TS-950 シリーズで好評だった ⊿F 表示は、サブスクリーンに表示されます。

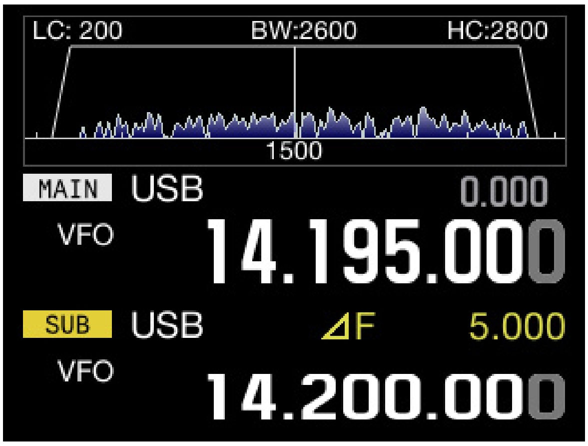


Fig. 102. ⊿F 表示例

多彩なメモリーチャンネル

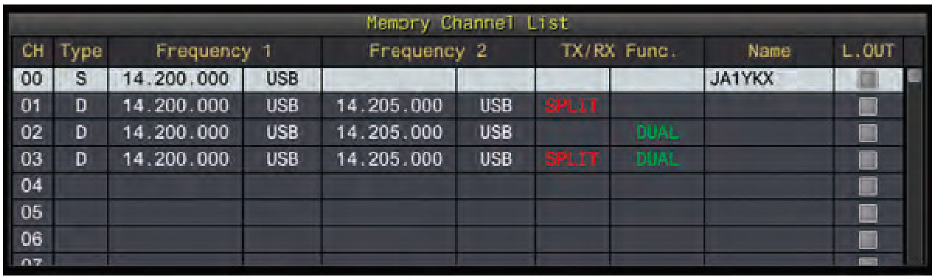
TS-990 には 120 個のメモリーチャンネルが登録可能で、それぞれのチャンネルに運用データを登録することができます。120 個のメモリーチャンネルは、目的によって 00～99、P0～P9 および E0～E9 の 3 種類に使い分けられます。

- 00～99（標準メモリーチャンネル）：よく利用する運用データを登録します。
- P0～P9（区間指定メモリーチャンネル）：プログラマブルVFOやプログラムスキャンの周波数範囲を登録します。
- E0～E9（拡張メモリーチャンネル）：標準メモリーチャンネルと同様に登録できます。

スプリットや二波同時受信の状態も登録可能

標準メモリーチャンネルと拡張メモリーチャンネルは、メモリーチャンネルの登録や呼び出し方法によってシングル・メモリーチャンネルモードとデュアル・メモリーチャンネルモードとにいう 2 種類のモードに分かれています。

- シングル・メモリーチャンネルモードは、シンプレックス運用の周波数やラジオ放送の周波数を登録するモードです。
- デュアル・メモリーチャンネルモードは、スプリット運用や二波同時受信する周波数を登録するモードです。



Memory Channel List

CH	Type	Frequency 1		Frequency 2		TX/RX Func.		Name	L.OUT
00	S	14.200.000	USB					JA1YKX	
01	D	14.200.000	USB	14.205.000	USB	SPLIT			
02	D	14.200.000	USB	14.205.000	USB		DUAL		
03	D	14.200.000	USB	14.205.000	USB	SPLIT	DUAL		
04									
05									
06									

Fig. 103. メモリーチャンネルリスト画面例

オペレーターをサポートする多彩な機能

周波数トラッキング

周波数トラッキングをオンにして**同調**ツマミ（メイン）を回すと、メインバンドとサブバンドの周波数が同時に変化します。**同調**ツマミ（サブ）を回すと、サブバンドの周波数だけが変化します。サブバンドの周波数ずらした状態で**同調**ツマミ（メイン）を回すと、メインバンドとサブバンドは周波数間隔を保ったまま同時に変化します。

周波数トラッキングは、メインバンドとサブバンドそれぞれに異なるアンテナを接続し、両方の信号を受信するときなどに使用します。

多様な運用に対応する DATA モード

送信音声の入力音源経路には、**MIC** コネクター（前面パネル）以外に背面のコネクターがあります。PC から USB オーディオ信号を入力する **USB-B** コネクター、アナログ音声信号を入力する **ACC2** コネクターに加え、光デジタル入出力機能を備えた機器からの信号を入力する **OPTICAL IN** コネクターも装備されています。

送信方法（送信となるトリガー）には、**[PTT]** キーまたは **[SEND]** キーによる送信と、**ACC 2** コネクターに配置されている **PKS** 端子または DATA SEND 機能を割り当てた PF キーによる送信があります。

TS-990 では、入力音源設定画面に表示されるマトリクスを見ながら、送信方法に対する入力音源を、DATA モードごとに選択できるようになっています。

Fig. 104. 入力音源設定画面

上図は、DATA モードが「DATA1」の送信入力音源の設定例です。この設定では **[SEND]** キーまたは **[PTT]** キーを押したときは **MIC** 端子から入力した音声を送信し、PF **[DATA SEND]** キーまたは **PKS** 端子を操作したときは USB Audio から入力した音声を送信します。

背面コネクターから入力される音声信号で VOX（DATA VOX）機能を働かせたいときは、**[D.VOX]** キーを押して DATA VOX の音源を選択します。上の例では、「USB Audio」が選択されています。選択した音源は、入力音源設定画面を閉じてもメインスクリーンの中央上部に表示されますので、設定状態はすぐに確認できます。

運用の一例として、SSTV で画像を送信した後、送った相手に画像について説明をすることがあります。上図のように設定することにより、USB Audio から入力した画像信号は DATA VOX 機能によって送信され、画像の送信が終了したら **[PTT]** キーを押し、マイクロホンを使って画像に関する説明を送信することが可能です。

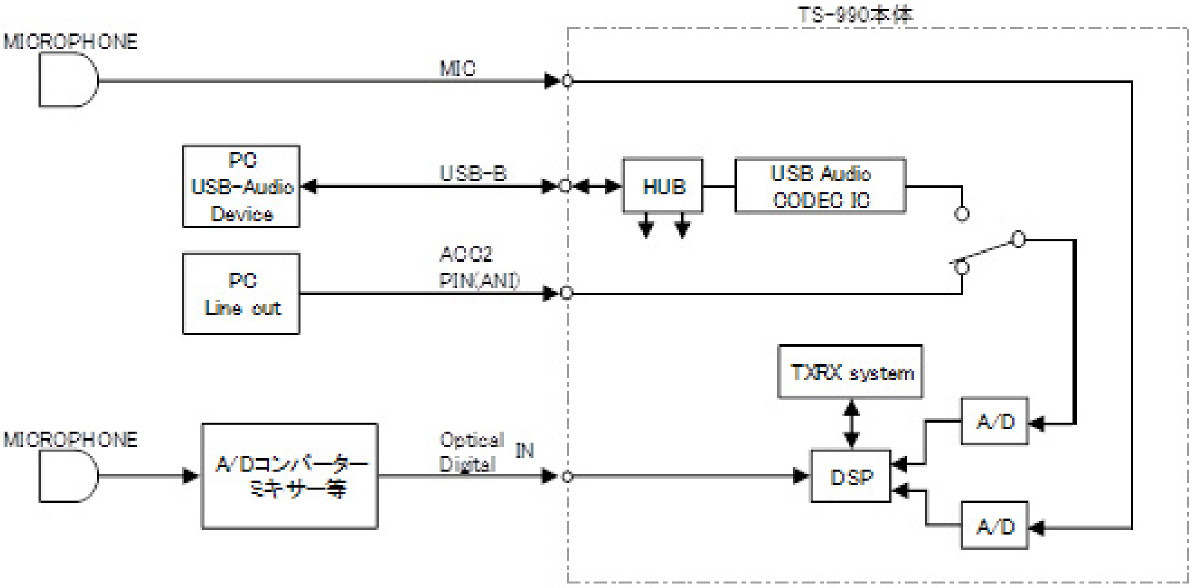


Fig. 105. 送信音声経路図

横行ダイヤル表示の SWL モード

SWL モードに切り替えると、TS-900 シリーズと同様に歴史にその名を刻んだ 9R-59 を彷彿させる横行ダイヤルが表示され、短波放送の受信を楽しむことができます。

TS-990 と 9R-59 では受信可能な周波数範囲が異なります。そのため、横行ダイヤル表示のスケールは、TS-990 の受信周波数範囲に合わせてあります。9R-59 には装備されていた「バンドスプレッド表示」はありませんが、緻密に再現された縦型の S メーターや「MEGACYCLE」表記など 9R-59 を模した横行ダイヤルが、当時の記憶を呼び戻してくれることでしょう。

横行ダイヤルの下部は、通常運用で使用する**バンドスコープ**画面や**オーディオファイル再生**画面が表示されます。短波放送を楽しむ際に便利なメーターバンドによる選択や、レコーダーも使用することができます。

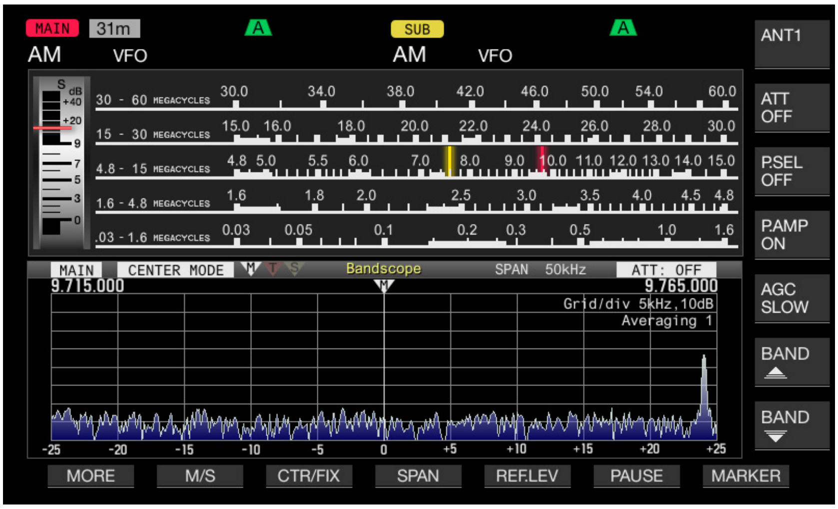


Fig. 106. SWL モードでバンドスコープを表示させた運用例

補足：

- ◆あらかじめ設定されている SWL モードのメーターバンド区分は、一般的なメーターバンドの範囲とは異なり、各地域の放送バンドを広くカバーできるようにしました。
- ◆SWL モード時には、送信することができません。

PC を使用しないで RTTY や PSK 運用を楽しむ

TS-990 は、デモジュレーターとデコーダーを内蔵（170 Hz シフトのみ対応）していますので、PC を使用しなくても RTTY や PSK モードで運用ができます。PSK モードでは従来から親しまれている PSK31 のほか、近年運用されることが多くなった PSK63 にもいち早く対応（BPSK のみ）しました。USB キーボードを接続すると、効率よく快適に運用することができます。もちろん、外部 RTTY 機器から **RTTY** 端子を通じてキーイングすることも可能です。

Fig. 107. RTTY デコードエンコード画面

FSK や PSK モードでは、エンコード・デコード画面内に専用のオーディオ FFT スコープが表示されます。オーディオ FFT スコープの帯域は、表示されている指標に近い信号を大きく表示させるように特化しています。目的信号と異なる信号でマスクされても、目的信号の状況を視認することができます。

同調ツマミを回して、受信信号のピークをオーディオ FFT スコープ内に表示されている指標に合わせることで、目的信号への同調ができます。

Fig. 108. RTTY サブスクリーン表示

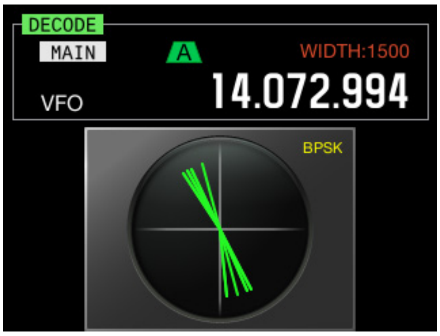


Fig. 109. PSK のサブスクリーン表示

サブスクリーンでは、X-Y スコープによるリサージュ波形の表示（RTTY モード時）とベクトルスコープ（PSK モード時）が表示されます。**同調**ツマミ（メイン）のすぐ上にサブスクリーンが配置されているため、いずれのスコープで波形を観測するときでも大きく視線を動かすことなく的確に同調させることができます。PSK モードには、一般的に使用される BPSK とエラー訂正を有する QPSK（PSK63 を除く）、同調操作を補助する AFC 機能（自動周波数制御機能）や、AFC で自動同調させた周波数を送信時に適用させる NET 機能にも対応しています。

QSO の履歴は USB メモリーにログとして保存できますので、あとから内容を確認することもできます。

補足：

◆ PSK は、2 バイト文字を使用した QSO には対応していません。

◆ PSK63 は、BPSK のみの対応です。

◆ RTTY エンコード・デコード画面を表示しているときに、FSK 周波数シフト幅を変更することはできません。

ウォーターフォールを表示可能なバンドスコープ

高速描画が可能な FFT タイプのスペクトラムスコープを搭載しています。受信周波数の近くやバンド内の状況を確認するのに便利です。メインバンドまたはサブバンドのいずれかを表示することができます。

更に、TS-990 ではウォーターフォールを表示します。ウォーターフォール表示は、直近の信号の履歴を時系列で表示しますので、たとえば、コンテストでは、交信中の周波数や空いている周波数を一目で把握することができます。また、スプリット運用で多数の局からパイルアップを受けているDX局と交信する場合は、バンドスコープとTF-SET 機能とを活用することで、DX局がピックアップしている局の周波数に合わせたり、または、他の局が呼んでいない周波数に合わせたりする操作を、素早くかつ正確におこなうことができます。

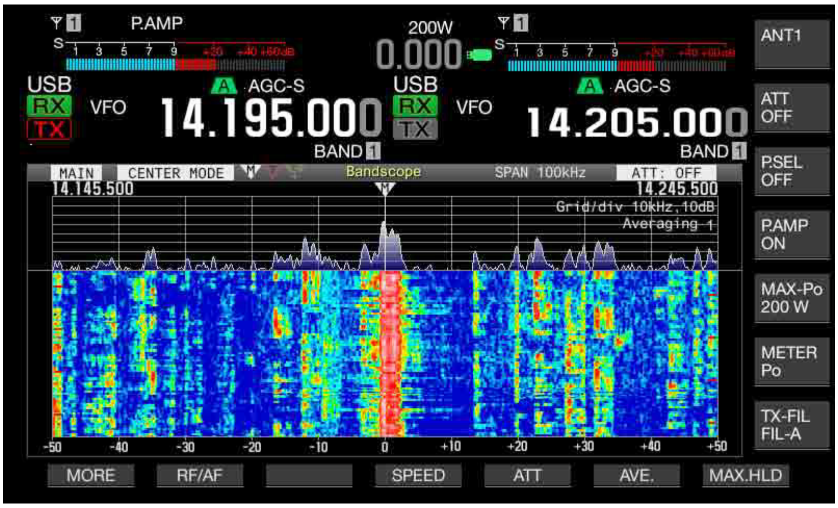


Fig. 110. バンドスコープ画面でのウォーターフォール表示

バンドスコープは、運用状況に応じてセンターモードと FIX モードの 2 種類のモードを使い分けることができます。

センターモードは、受信周波数を常に画面の中心にして周波数スペクトラムを表示します。受信信号の近接周波数を確認するときに便利です。

FIX モードは、周波数スペクトラムの表示範囲がバンドごとに固定されています。バンド内をモニターするのに便利です。各バンドの表示範囲は、下限周波数と上限周波数をメニューで設定することができます。バンド区分は、1.8～50 MHz 帯の各アマチュアバンドのほか、LF 帯や、MF 帯も独立しています。

信号を観測するときの補助機能として、以下の便利な機能があります。

● リファレンスレベルを調整する

ノイズが多い状況や、目的信号とノイズが識別しにくい場合に目的信号を識別しやすくするようにバンドスコープのリファレンスレベルを調整することができます。

補足：

◆ 近接周波数やバンド内に強力な信号が存在するために**バンドスコープ**画面で目的信号を識別できないような場合は、F5 **[ATT]** キーを押して適切なバンドスコープ用アッテネーターを選択してください。

● ウォーターフォール表示の降下速度を変更する

ウォーターフォール表示の降下速度が早い場合に降下速度を遅くすると、ウォーターフォールの波形が識別しやすくなります。

● 指先で触れて受信周波数を変更する

バンドスコープ画面や**ウォーターフォール**画面で目的信号を発見した場合は、**同調**ツマミを回す前にメインスクリーン上で目的の信号付近を直接触れると、素早く目的の周波数付近に QSY することができます。また、CW モードでは、メインスクリーン上の同じ箇所をやや長めに触れていると目的の信号付近に周波数が移動したあとに CW オートチューンが自動で作動しますので、より高精度な同調が可能です。

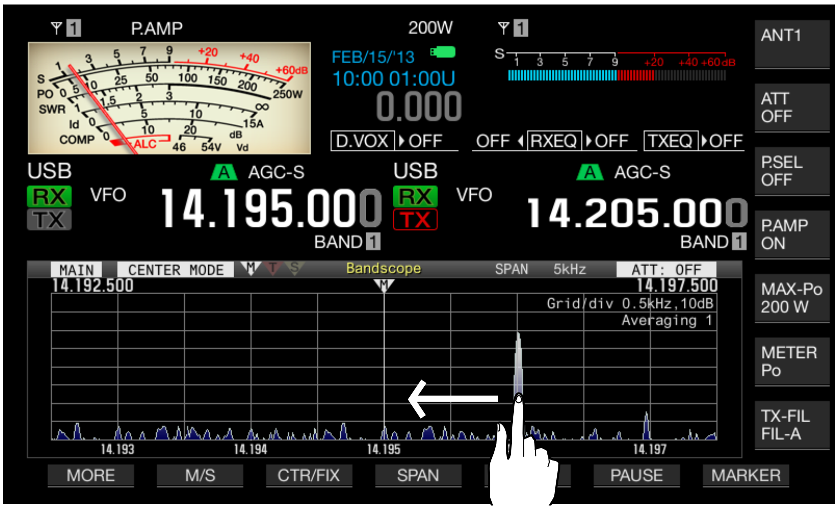


Fig. 111. CW モードで目的の周波数やバンド付近に触れる

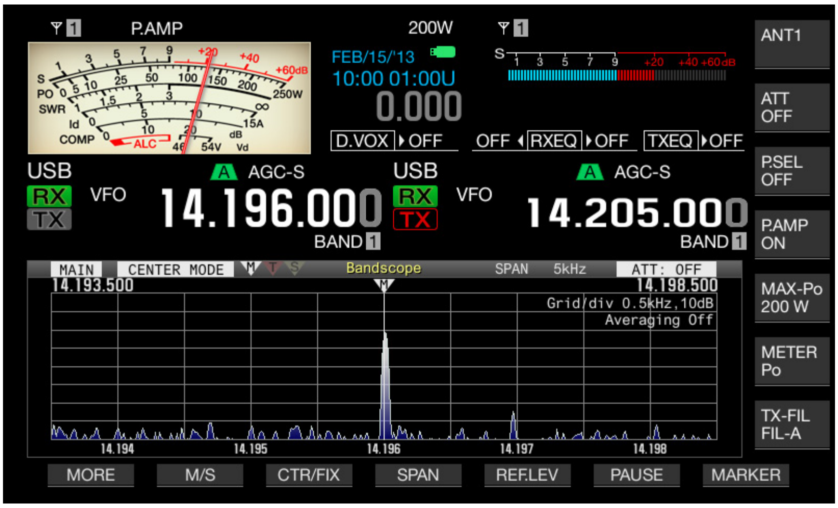


Fig. 112. 触れ続けると CW オートチューンが作動する

● センターモードの下限周波数と上限周波数を FIX モードに適用する

センターモードで F **[CTR/FIX]** キーを長く押すと、センターモードで設定されている表示周波数範囲（下限周波数および上限周波数）を FIX モードに適用させることができます。センターモードと FIX モードの表示周波数を素早く一致させるときに便利です。

● 波形表示を平均化する

波形表示を平均化し、波形表示の変化を緩やかにします。CW 波のような断続している信号を観測するときには平均化するレベルを下げ、変化が激しく観測しづらいときにはレベルを上げると表示される波形が見やすくなります。

● SSB 信号にゼロインしやすくする

SSB モードで波形観測しているときに、キャリアポイントをマーカー表示位置とするか、キャリアポイントから指定された量だけオフセットさせた表示位置にするかを選択することができます。

初期値では、500 Hz 分をオフセットさせています。これは、人の声（ボイス）が有する一般的な周波数スペクトルのピーク付近の値です。バンドスコープ表示では、レベルが最も高い周波数付近にマーカーを合わせると目的信号へゼロインしやすくなります。

● 画面をキャプチャーする

バンドスコープ画面や**ウォーターフォール**画面でも画面をキャプチャーすることができます。観測した状態をそのまま USB メモリーに保存してから PC で表示させたりすることもでます。

このほか、以下のような機能も搭載しています。

- 表示周波数スパン切り替え
- グリッドの周波数表示切り替え（相対周波数/絶対周波数）
- メインバンド、サブバンドおよび送信周波数のマーカー表示
- 波形の最大値表示
- ポーズ機能
- アッテネーター
- 送信時の波形表示

● 使い方のヒント

機能設定画面や、**RTTY/PSK エンコード・デコード**画面を表示しているときでも、バンドスコープを表示させることができます。機能設定画面やエンコード・デコード画面を表示させているときに **[SCP]** キーを押すと、バンドスコープの縦方向を圧縮したバンドスコープが表示されます。

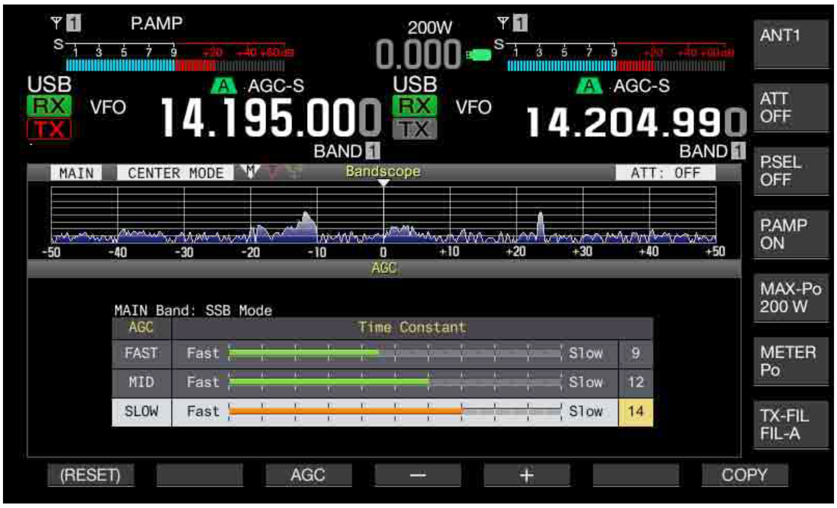


Fig. 113. AGC の設定例

送受信音を解析するオーディオスコープ

TS-990 には、オーディオ信号の状態をモニターするために、ウォーターフォール機能の付いたオーディオスコープとオシロスコープが搭載されています。

受信音声や送信音声が周波数スペクトルと波形で表示されますので、イコライザーの効果やスピーチプロセッサーの効果を確認することができます。

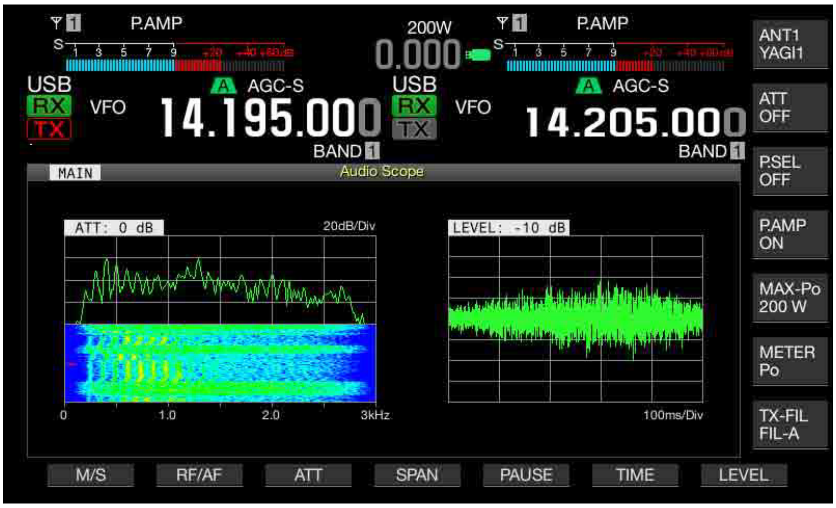


Fig. 114. オーディオスコープとオシロスコープの表示例

オーディオスコープ画面でも画面をキャプチャーすることができますので、観測した波形を USB メモリーに保存して PC で表示させることも可能です。

メインバンドの受信音声だけではなく、サブバンドの受信音声も観測可能です。

補足：

- ♦ オーディオスコープ表示中は、サブスクリーンのオーディオスペクトラムは表示されません。
- ♦ オーディオスコープの縦軸は、一目盛りが 20 dB です。

様々な用途に使える録音機能

コールサインなどを聞き逃してしまったときやコールバックに自信のないときなど、常時録音で音声が録音されていて、あとから再生できるので便利です。**[REC]** キーを長く押すと最大 30 秒間の直近の交信内容が音声ファイルで保存され、あとで再生させることができます。

また、一般的なレコーダーのように録音することもできます。**[REC]** キーや **[STOP]** キーを押して録音・再生するときには、内蔵メモリーや USB メモリーを利用します。内蔵メモリーでは 1 ファイルごとに 30 秒間の音声を録音することができ、USB メモリーを使用すると 1 ファイルごとに最大で 9 時間の長時間録音ができます。（9 時間の長時間録音をするには、4 ギガバイト以上の空き容量が必要です。）

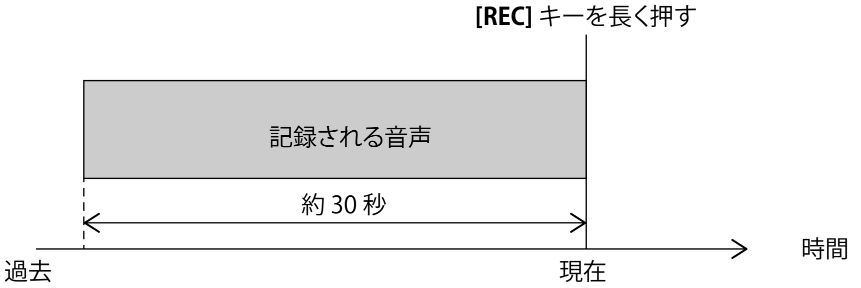


Fig. 115. **[REC]** キーを長く押したときの録音（常時録音）

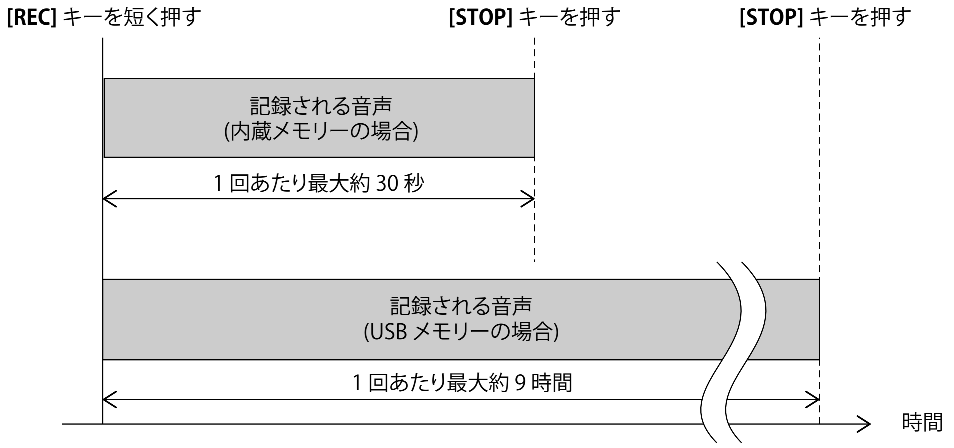


Fig. 116. 一般的な方法での録音

コンテストで便利な「ボイスメッセージ」やタイマー録音を含む多彩な録音機能を搭載していますので、様々な用途に活用できます。

補足：

◆ 内蔵メモリーに保存された音声ファイルは、USB メモリーへコピーすることができます。USB メモリーに保存される音声ファイルは、PCM、16 kHz、16 bit、ステレオ、拡張子が .wav の WAVE 形式です。PC で編集や作成したファイルの TS-990 での再生は保証されません。

NTP サーバーを使用した時刻設定

TS-990 をネットワークに接続すると、NTP サーバーの時刻情報を利用して時刻を設定することができます。初回に NTP サーバーの設定をするだけで時刻合わせがワンタッチで可能です。

さらに、自動時刻補正をオンにすれば、TS-990 を起動したときと通電後約 24 時間ごとに自動で時刻を補正します。

メニュー

TS-990 や当社の他の HF 機では、多彩な機能を設定したり、変更したりできるようにメニューから設定できるように設計されています。

TS-990 には、「メニュー」と「サブメニュー」があります。

「メニュー」では、さまざまな機能がグループ化され、それぞれのグループから個々の機能を呼び出すように設計されています。

「サブメニュー」には、リセット、時計や LAN の設定の他、たとえば、リニアアンプのコントロールなど、使用環境に応じて設定される機能をまとめた「アドバンストメニュー」があり、使用頻度が高い「メニュー」から独立したメニュー群として設計されています。

それぞれのオペレーターの使用環境や運用状態に応じて TS-990 を設定することで、一人ひとりの使い勝手に合った設定が可能です。また、機能ごとに設けてある F **[RESET]** キーを長く押すことで、変更した設定が初期設定に戻りますので、安心して設定を変更することができます。

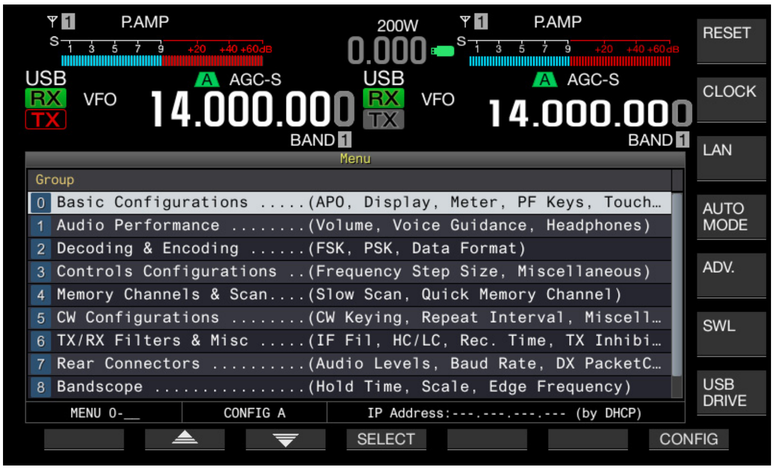


Fig. 117. メニュー

手軽にできるファームウェアのアップデート

近年では、電気製品の機能追加や修正が簡単にできるようにファームウェアが更新できる製品が増えてきました。TS-990 でもファームウェアを手軽にアップデートできるように設計されています。

最新のファームウェアは、当社 Web サイトで配布されています。ファームウェアのアップデートの方法は 2 種類あり、作業のしやすい方法をお選びいただけます。

● USB メモリーからファームウェアをアップデートする

- 当社 Web サイトから最新のファームウェアを PC にダウンロードします。ダウンロードしたファームウェアを圧縮された ZIP 形式のファイルのまま、USB メモリーのルートフォルダーへコピーします。
- PC のUSB コネクターから USB メモリーを取り外します。
- **[M.IN]** (MEMORY) を押しながら**電源**スイッチ（前面パネル）を押して**ファームウェアアップデート**画面を表示させます。ファームウェアが保存されている USB メモリーを挿入します。
- 本機のスクリーンに進行状況が表示されるので、完了を待ちます。

● PC から書き換える場合

- 当社 Web サイトから最新のファームウェアを PC にダウンロードします。
- PC と本機とを USB ケーブルで接続します。

- **[M.IN]** (MEMORY) を押しながら**電源**スイッチ（前面パネル）を押して**ファームウェアアップデート**画面を表示させます。
- PC のエクスプローラーでは、TS-990 が外部ストレージ・デバイスとして認識されますので、ダウンロードしたファームウェアをドラッグ・アンド・ドロップします。圧縮された ZIP 形式のファイルのままファームウェアをドラッグ・アンド・ドロップしてください。
- 本機のスクリーンに進行状況が表示されるので、完了を待ちます。

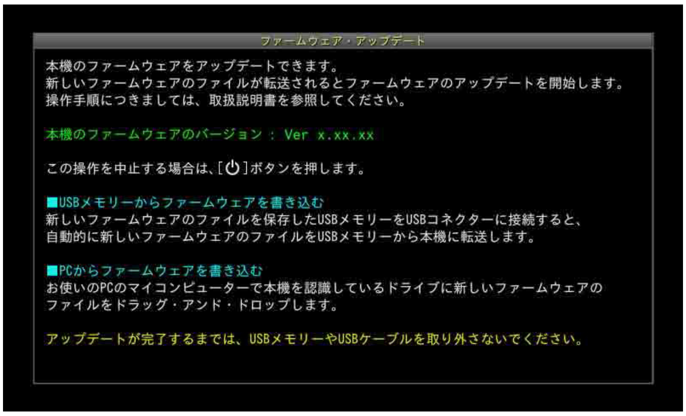


Fig. 118. ファームウェアアップデート画面

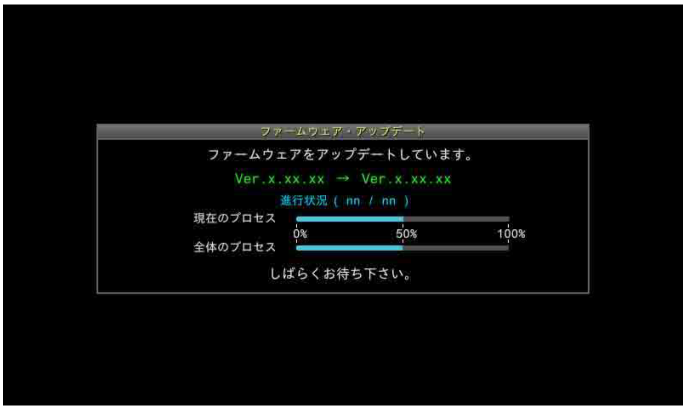


Fig. 119. ファームウェアをアップデートしているときの画面

補足：

◆ ファームウェアは、取扱説明書を参照してアップデートしてください。

◆ ファームウェアアップデートの内容によっては、取扱説明書も更新される場合があります。最新版の取扱説明書は、当社 Web サイトで公開されています。

◆ ファームウェアのアップデートは、内容に応じて数分から 30 分程度かかる場合があります。

PC コントロール

最近では無線機を遠隔操作する例や、独自の PC アプリケーションを作成してより便利な運用を楽しまれる方が増えています。当社では 2010 年に発売した TS-590 から **USB** コネクターを搭載し、PC コントロールや送受信音声の伝送もケーブル 1 本で実現しました。また、**COM** コネクターと **USB** コネクターの 2 系統の接続に対応することで、USB ケーブルで接続した TS-990 での交信履歴（ログ）を PC に保存させたり、TS-990 を PC から遠隔操作したりする以外にも、リニアアンプを制御するために **COM** コネクターから通信することもできます。さらに、TS-990 には **LAN** コネクターが搭載されていて、LAN を使用して PC から無線機を操作することができます。

TS-990 専用にラジオコントロール・プログラム（ARCP-990）が無償配布されています。PC とは、従来の **COM** コネクターと **USB** コネクターに加え **LAN** コネクターでも接続することができます。LAN ケーブルで TS-990 と PC とを接続したときは、TS-990 の表示と同等のバンドスコープ表示が ARCP-990 でも使用可能です。

PC コマンドや PC コマンドの使用方法（たとえばアプリケーションソフトの自作）については、「TS-990 シリーズ PC コマンド集」をご参照ください。TS-990 には多数の機能が搭載されているため、一部の PC コマンドが見直されています。その結果、従来機種では使用可能だった PC コマンドがそのまま使えない場合もあります。

PC コマンド集から、いくつか使い方をご紹介します。

● TS-990 の周波数情報などをリアルタイムに取得する

Auto Information （AI） コマンドは、PC に TS-990 の状態変化を PC に通知するかどうかを設定するコマンドです。

AI コマンドを使い AI 機能をオンにすると、TS-990 の状態変化が直ちに PC に通知されるようになります。たとえば、メインバンドの周波数が変化すれば FA コマンドにより最新のメインバンド周波数が自動的に通知され、サブバンドの周波数が変化すれば FB コマンドにより最新のサブバンド周波数が自動的に通知されます。アプリケーション側からは、TS-990 の状態を定期的に読み出す必要はありません。

AI 機能をオンすると、周波数情報だけではなく、モードやフィルターの状態、送信パワーの状態など、ほとんどの機能の状態変化が、直ちに対応するコマンドにより通知されます。アプリケーションを自作した場合は、これらのコマンドから必要なコマンドを取捨選択します。

なお、AI 機能では、一度に多くのコマンドが PC に伝送されることがありますので、自作されたアプリケーションには、コマンドを受信するためにバッファーサイズに余裕を持たせたりする工夫と、高速な処理スピードの PC を使用してください。

● スプリット運用やサブバンド受信のオン・オフを切り替える

スプリット運用のオン・オフの切り替え（送信バンドの切り替え）には TB コマンドを使います。サブバンド受信のオン・オフの切り替えには SB コマンドを使います。

TS-990 では従来の VFO A と VFO B がメインバンドとサブバンドに置き換わりました。さらにサブバンドのオン・オフ機能も加わったため、従来機種で使用していた FR コマンドと FT コマンドでは全ての送受信動作を網羅しきれなくなりました。そこで、新しく送信バンド（スプリット状態）の切り替えには TB コマンド、サブバンド受信のオン・オフの切り替えには SB コマンドを用意しました。

● PC コマンドで背面の端子に入力した音声信号を送信する

TX コマンドのパラメーターに「1」（PF **[DATA SEND]** キーによる送信）を指定します。（受信に戻すには、RX コマンドを使います。）

TS-990 の初期設定では、**[PTT]** キーまたは **[SEND]** キーを操作するとマイクロホンに入力された音声信号が送信され、PF **[DATA SEND]** キーまたは **ACC 2** コネクターの **PKS** 端子を操作すると、背面の端子から入力された音声信号が送信されます。

PC コマンドでこれらの送信方法を使い分けるには、TX コマンドのパラメーターの値を変えます。

「TX1」を使用して送信を開始すると、PF **[DATA SEND]** キーまたは **ACC 2** コネクターの **PKS** 端子を操作したときと同様に背面パネルの端子から入力された音声信号が送信されます。

「TX」（パラメーターなし）または「TX0」を使用して送信を開始すると、**[PTT]** キーまたは **[SEND]** キーを操作したときと同様にマイクロホンに入力された音声信号が送信されます。

TS-990では、送信操作の種類ごとに送信する入力音源を自由に選択することができます。入力音源は、「MIC」、「ACC 2」、「USB Audio」および「OPTICAL」から複数を選択することができます（「ACC 2」と「USB Audio」はどちらか一方のみ）。なお、初期設定は従来機種と同じです。

詳細な設定方法については、取扱説明書「送信用音声の入力音源の経路」を参照してください。

● TX チューニングを作動させる

TX チューニングは、一定出力のキャリアを連続送信する機能です。この機能を使用すると、モードを変更しないでリニアアンプをチューニングすることができます。フロントパネルの PF キーにこの機能を割り当てて使います。コマンドによる TX チューニングは、「TX2」を使用して TX チューニングを開始し、「RX」を使用して TX チューニングを終了します。

● メインバンドの周波数をサブバンドにコピーする

VV コマンドを TS-990 に伝送すると、メインバンドの周波数をサブバンドにコピーします。FA コマンドと FB コマンドを使ったコピーのためのプログラムを作成する必要はありません。

● コマンドで CW モールス信号を送出する

KY コマンドを使ってモールス信号を送出することができます。

たとえば、「CQ CQ CQ DE JA1YKX」とモールス信号を送出する場合は、「KY CQ CQ CQ DE JA1YKX ; 」というコマンドを TS-990 に伝送します。TS-990 が CW モードになっていて、かつブレークインがオンの場合に CW モールス信号を送出します。

KY コマンドで入力できるメッセージは、最大で 24 文字です。24 文字を超えるメッセージは、複数に分割して伝送されます。キーイングを中断するには、「KY0」コマンドを使用します。キーイングスピードは、「KS」コマンドを使用して変更します。

● LAN コネクターからネットワークに接続した場合の設定

サブメニューにある LAN メニューで IP アドレス、管理者 ID やパスワードを設定します。

続いて、PC の TCP/IP を設定すると LAN にアクセスできるようになります。ポート番号は「60000」です。文字エンコード方式は UTF-16 です。

TS-990 の IP アドレスに対して接続要求コマンド「##CN」を伝送します。TS-990 から接続許可と応答されたら、管理者 ID とパスワードを「##ID」コマンドで伝送します。伝送した管理者 ID とパスワードとが TS-990 に設定されている管理者 ID とパスワードに一致すると、TS-990 と PC との接続が成立します。通信が 10 秒間経っても成立しない場合は、自動的に切断されます。

● ARCP-990 とログソフトを併用する

ARCP-990 のためのコマンド通信には **LAN** コネクターを使用し、ログソフトのためのコマンド通信には **USB-B** コネクターを使います。

なお、TL-933 などのリニアアンプと TS-990 とのコマンド通信には **COM** コネクターを使います。

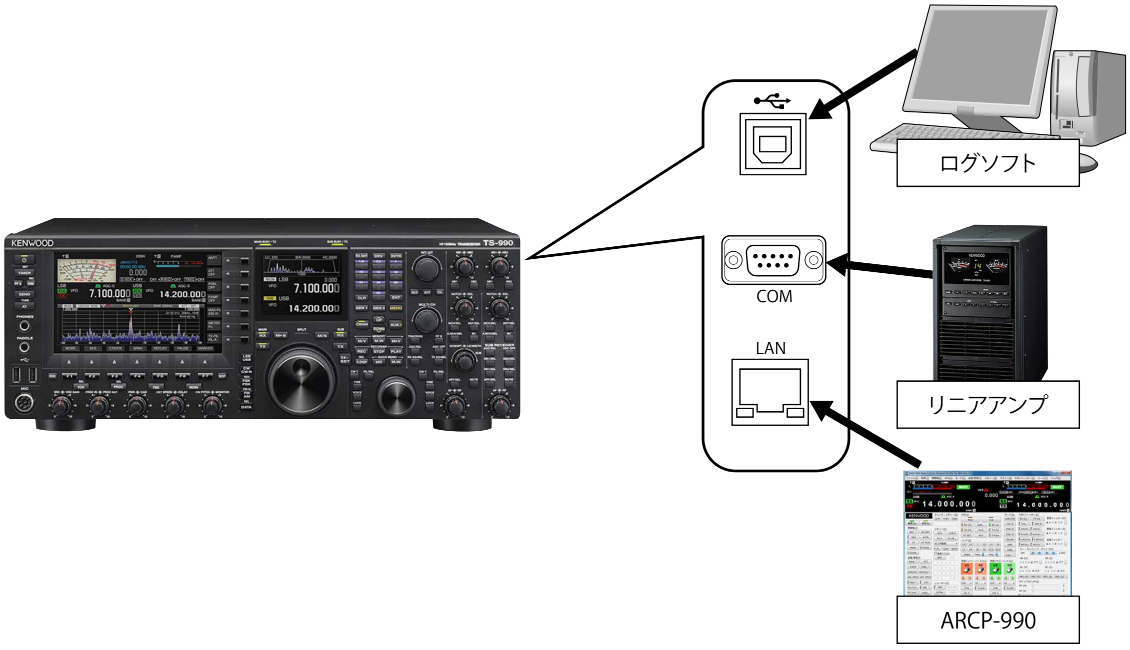


Fig. 120. 接続方法

操作の幅を広げる多彩なソフトウェア

この章では、Windows がインストールされている PC から TS-990 をコントロールするためのソフトウェアについて説明します。

TS-990 をコントロールするソフトウェアは、下記のとおりです。

名称	概要
ARCP-990	TS-990 を PC からコントロールするソフトウェアです。
ARHP-990	TS-990 をネットワーク経由で遠隔操作する場合に、ホスト・ステーション用 PC で使用するソフトウェアです。 ARCP-990 と共に使用します。
ARVP-10	PC をインターネット経由で KNS に接続し、PC から TS-990 を遠隔操作したときに、送受信音声を伝送するための VoIP ソフトウェアです。 **補足：** ◆ ARVP-10H と ARVP-10R があります。 ◆ LAN を経由させて KNS に接続したときには使用しません。
ARUA-10	TS-990 と PC とを USB ケーブルで接続したときに、PC のマイクロホンとスピーカーを TS-990 のマイクロホンとスピーカーの代わりに使用するためのソフトウェアです。PC のマイクロホンで集音された音声を USB オーディオ経由で TS-990 から送信できるようにします。また、TS-990 から出力された音声を USB オーディオ経由で PC のスピーカーから出力させることができます。 **補足：** ◆ このソフトウェアは、**ACC 2** コネクターに自作された音声ケーブルを接続したときには使用しません。 ◆ このソフトウェアは、ネットワークを経由したときには使用しません。
仮想 COM ポート・ドライバー	TS-990 と PC とを USB ケーブルで接続して ARCP-990 や ARHP-990 を使用して TS-990 を操作するために PC にインストールしておくドライバーです。 **補足：** ◆ このソフトウェアは、シリアル・ケーブルを接続したときや LAN ケーブルを接続したときには使用しません。

これらのソフトウェアは、下記の当社 Web サイトからダウンロードすることができます（無償配布）。

http://www2.jvckenwood.com/faq/com/ts_990/index.html

システム構成

TS-990 をコントロールするソフトウェアの代表的なシステム構成を紹介します。

● LAN コネクターを使用して PC から TS-990 を制御（TS-990 に接続したマイクロホンと内蔵スピーカーを使用）

信号形式	PC		接続方法	TS-990
	ソフトウェア	ハードウェア		ハードウェア
制御信号	ARCP-990		LAN ケーブル	**LAN** コネクター
音声信号			接続なし	TS-990 に接続したマイクロホンと内蔵スピーカー

● USB コネクターを使用して PC から TS-990 を制御（TS-990 に接続したマイクロホンと内蔵スピーカーを使用）

信号形式	PC		接続方法	TS-990
	ソフトウェア	ハードウェア		ハードウェア
制御信号	仮想 COM ポート・ドライバーとARCP-990		USB ケーブル	**USB-B** コネクター
音声信号			接続なし	TS-990 に接続したマイクロホンと内蔵スピーカー

● COM ポートを使用して PC から TS-990 を制御（TS-990 に接続したマイクロホンと内蔵スピーカーを使用）

信号形式	PC		接続方法	TS-990
	ソフトウェア	ハードウェア		ハードウェア
制御信号	ARCP-990		RS-232C ケーブル	**COM** ポート
音声信号			接続なし	TS-990 に接続したマイクロホンと内蔵スピーカー

● PC から TS-990 を制御（PC に接続したマイクロホンとスピーカーを使用、TS-990 の USB コネクターに音声を接続）

信号形式	PC		接続方法	TS-990
	ソフトウェア	ハードウェア		ハードウェア
制御信号	仮想 COM ポート・ドライバーとARCP-990		USB ケーブル	**USB-B** コネクター
音声信号	Windows 標準ドライバーとARUA-10	PC に接続したマイクロホンとスピーカー		

● PC から TS-990 を制御（PC に接続したマイクロホンとスピーカーを使用、ACC 2 コネクターに音声を接続）

信号形式	PC		接続方法	TS-990
	ソフトウェア	ハードウェア		ハードウェア
制御信号	ARCP-990		RS-232C ケーブル	**COM** ポート
音声信号		PC に接続したマイクロホンとスピーカー	自作音声ケーブル	**ACC 2** コネクター

補足：

♦ **ACC 2** コネクターから音声信号を入出力させる場合は、ARUA-10 を使用しません。

● 遠隔地の PC から TS-990 を制御（LAN 経由、KNS 接続時）

信号形式	リモート・ステーション（遠隔地の PC）		接続方法	ホスト・ステーション（TS-990 側に設置された PC）	
	ソフトウェア	ハードウェア		ソフトウェア	ハードウェア
制御信号	ARCP-990		ネットワーク	ARHP-990	**LAN** コネクター、**USB-B** コネクターまたは **COM** ポート
音声信号	ARCP-990	PC に接続したマイクロホンとスピーカー		ARHP-990	**ACC 2** コネクターまたは **USB-B** コネクター

補足：

♦ ホスト・ステーション側で、音声信号の入出力に **USB-B** コネクターを使う場合でも、ARUA-10 は使用しません。

● TS-990 を遠隔地の PC から制御する（インターネット経由、KNS 接続時）

信号形式	リモート・ステーション（遠隔地の PC）		接続方法	ホスト・ステーション（TS-990 側に設置された PC）	
	ソフトウェア	ハードウェア		ソフトウェア	ハードウェア
制御信号	ARCP-990		ネットワーク	ARHP-990	**LAN** コネクター、**USB-B** コネクターまたは **COM** ポート
音声信号	ARVP-10R もしくは同様の VoIP ソフトウェア	PC に接続したマイクロホンとスピーカー		ARVP-10H もしくは同様の VoIP ソフトウェア	**ACC 2** コネクターまたは **USB-B** コネクター

補足：

♦ ホスト・ステーションとして **USB-B** コネクターから音声信号を入出力させる場合でも、ARUA-10 は使用しません。

ラジオ・コントロール・プログラム ARCP-990

このラジオ・コントロール・プログラム（ARCP-990）は、PC から TS-990 をコントロールする専用のソフトウェアです。

Fig. 121. ARCP-990 のメイン・ウィンドウ

ARCP-590 を継承した基本仕様

ARCP-990 は、TS-590 用に開発された ARCP-590 の基本仕様を継承し、TS-990 に搭載されているほとんどの機能を操作できるように設計されています。TS-990 での新規機能にも対応しています。

ユーザー・インターフェース

ARCP-990 では、ユーザー・インターフェースの言語として、日本語と英語に対応しています。ユーザーにとって親しみやすい言語で ARCP-990 をご使用いただけます。

ARCP-990 では、新たな周波数変更方法を採用しました。

- マウス・ホイールによる変更
- 同調でのアップ/ダウン・ボタンによる変更
- Multi/Channel でのアップ/ダウン・ボタンによる変更
- 直接入力による変更
- 周波数表示のクリックによる変更
- バンドスコープ画面での左クリックによる変更（タッチスクリーン・チューニング）

マウス・ホィールで周波数を変更するには、「同調（メイン・バンド）」および「同調（サブ・バンド）」フレームにある「粗調」や「微調」イラストの上でマウス・ホィールを回す、「Multi/Ch」や「RIT/XIT」フレームにある「同調」イラストの上でマウス・ホイールを回します。

マウス・ホィールや同調でのアップ/ダウンで周波数を変更するには、「同調ステップ」リスト・ボックスで同調ステップが選択できるようになりました。

TS-990 では、機能数が増加したり、メイン・ウィンドウのボタン点数が増加したりして、SXGA （1280 x 1024） 以上の解像度を持つディスプレイが動作環境として必要になりました。そのため、小型ノート PC でも表示できるように、メイン・ウィンドウのサイズ変更を可能としました。「ツール」プルダウン・メニューから「メイン・ウィンドウのサイズ」を選択、またはメイン・ウィンドウ右下のサイズ変更グリップを使用して、メイン・ウィンドウのサイズを変更することができます。

メイン・ウィンドウからサブ・ウィンドウへ素早くアクセスできるよう、機能のボタンのそばに、「...」ボタンを配置しました。たとえば、メイン・ウィンドウ左上の「ANT」ボタン右に「...」ボタンが配置されています。この「...」ボタンをクリックすると「アンテナ名の編集」サブ・ウィンドウが表示されます。

TS-990 では機能数が増加し、それぞれの設定を可能にするサブ・ウィンドウも増加しました。関連性が高い機能に素早くアクセスできるよう、サブ・ウィンドウの下部に関連性が高い機能にアクセスする「その他の機能」ハイパー・リンクも用意されています。

KNS に接続したときに発生する遅延（送信から受信への切り替えの際に、制御コマンドと音声のディレー・タイムの設定に対応しました。さらに USB、COM、LAN 接続時も送信から受信への切り替えのディレー・タイム）が設定できるようになりました。またこのディレー・タイムは、KNS に接続したときと USB、COM、LAN 接続時とで異なる値で運用できるよう対応しました。「送信/受信」プルダウン・メニューから「変調ラインの選択」を選択し、「変調ラインの選択」画面内の「送信から受信へ切り替え時のディレー」フレーム内のリスト・ボックスで設定することができます。

TS-990 との LAN 接続

ARCP-990 では、TS-990 のLAN コネクターとの接続を実現しました。

LAN 接続ならではの高速な通信を活かし、TS-990 と LAN 接続した場合は、**バンドスコープ**画面や**サブ・スコープ**画面で、TS-990 と USB や COM 接続した場合より高速に描画することができます。

「ツール」プルダウン・メニューから「設定」を選択し、「設定」画面内の「TS-990 の接続」フレーム内で設定します。

VoIP を内蔵 （LAN 経由、KNS 接続時）

ARCP-990 と ARHP-990 には、音声をやり取りすることができる VoIP 機能の内蔵に対応しました。VoIP 機能は、ARCP-990 と ARHP-990 が LAN を経由して KNS に接続している場合に使用できます。ARHP-990 に内蔵された VoIP 機能を使用するには、VoIP 機能をオンにします。

ARCP-990 と ARHP-990 に内蔵された VoIP 機能を使用しないことも可能です。内蔵された VoIP 機能を使用せず、ARVP-10H/ARVP-10R や一般的な VoIP ソフトウェアを使用すると音声をやり取りすることもできます。

ARCP-990 と ARHP-990 に内蔵された VoIP 機能は、ARCP-990 と ARHP-990 がインターネットを経由して KNS に接続している場合には使用できません。インターネット経由の場合には、別途、ARVP-10H/ARVP-10R や一般的な VoIP ソフトウェアが必要です。

ラジオ・ホスト・プログラム ARHP-990

このラジオ・ホスト・プログラム（ARHP-990）は、KNS に接続した PC にインストールされている ARCP-990 と TS-990 とを中継するソフトウェアです。

当社 Web サイトに掲載されている「TS-990 シリーズ「遠隔操作」運用ガイド」もあわせて参照してください。

Fig. 122. ARHP-990 のメイン・ウィンドウ

ARHP-590を継承した基本仕様

ARHP-990 は、TS-590 用に開発された ARHP-590 の基本仕様を継承し、TS-990 での新規機能にも対応しています。

ユーザー・インターフェース

ARHP-990 では、ユーザー・インターフェースの言語として、日本語と英語に対応しています。ユーザーにとって親しみやすい言語で ARHP-990 をご使用いただけます。

Windows の起動時に自動的に実行する機能に対応しました。PC を再起動した際など、この機能を使用すると、自動的に ARHP-990 が起動し、接続状態になります。

「ツール」プルダウン・メニューから「設定」を選択し、「設定」画面内の「Windows の起動時に自動実行する。」チェック・ボックスをチェックします。

ARHP-990 を最小化して使用している場合も、ARHP-990 や TS-990 の動作状態が確認できるようになりました。

TS-990 の電源のオン・オフの状態、ユーザーの接続状況や送信状態をポップアップ・メッセージで確認することができます。

Fig. 123. ARHP-990 でのポップアップ・メッセージ

ARCP-990 からの AF ゲイン制御を禁止

ARHP-990 では、ARCP-990 からの AF ゲイン制御を無効にすることができます。ARCP-990 から AF ゲインが制御されると、TS-990 で意図しない音量に調整されることがあります。AF ゲイン制御をオフにすると、音量が調整されません。

「ツール」プルダウン・メニューから「設定」を選択し、「設定」画面内の「ARCP-990 からの AF ゲイン制御を禁止する。」チェック・ボックスにチェックマークを入れます。

TS-990 との LAN 接続に対応

ARHP-990 では、TS-990 のLAN コネクターとの接続を実現しました。「ラジオ・コントロール・プログラム ARCP-990」の「TS-990 との LAN 接続」の項を参照してください。

VoIP を内蔵 （LAN 経由、KNS 接続時）

VoIP については、「ラジオ・コントロール・プログラム ARCP-990」の「VoIP を内蔵 （LAN 経由、KNS 接続時）」を参照してください。

USB オーディオ・コントローラー ARUA-10

ARUA-10 は、TS-990 と PC とを USB ケーブルで接続し、PC に接続されたマイクロホンとスピーカーを TS-990 のマイクロホンとスピーカーの代わりに使用する USB オーディオ制御ソフトウェア です。

当社 Web サイトに掲載されている「TS-990 シリーズ USB オーディオ機能設定ガイド」も併せて参照してください。

注意：

◆ USB オーディオは、原理上避けられない遅延が発生します。このため、遅延が問題となるような運用（例：コンテストやパイルアップなど、クイック・レスポンスが必要な運用）には適切ではありません。

◆ ネットワークを経由して KNS に接続して TS-990 を運用する場合は、ARUA-10 は使用しません。

基本機能

ARUA-10 と ARCP-990 とを組み合わせて使用するには、1 本の USB ケーブルで TS-990 と PC とを接続します。これだけで PC から無線機を制御し、PC に接続されたマイクロホンとスピーカーを TS-990 のマイクロホンとスピーカーの代用にすることができます。USB ケーブルで接続された環境で ARCP-990 を使用するには、事前に仮想 COM ポート・ドライバーを PC にインストールしておきます。

USB ケーブルで接続された環境で ARUA-10 のみを使用するには、仮想 COM ポート・ドライバーを PC にインストールしておく必要がありません。TS-990 に内蔵される USB サウンド機能のみを使用する場合は、Windows に標準で用意されているドライバーで動作します。

動作

ARUA-10 が TS-990 に内蔵されている USB サウンド機能 （USB オーディオ・デバイス）と、PC のマイクロホンとスピーカーを制御するサウンド・デバイスとのあいだでデータを受け渡します。

PC のマイクロホンに入力された音声を TS-990 の USB オーディオ・デバイスの変調入力に転送します。

TS-990 の USB オーディオ・デバイスの受信出力から出力された音声を PC のスピーカーに転送します。

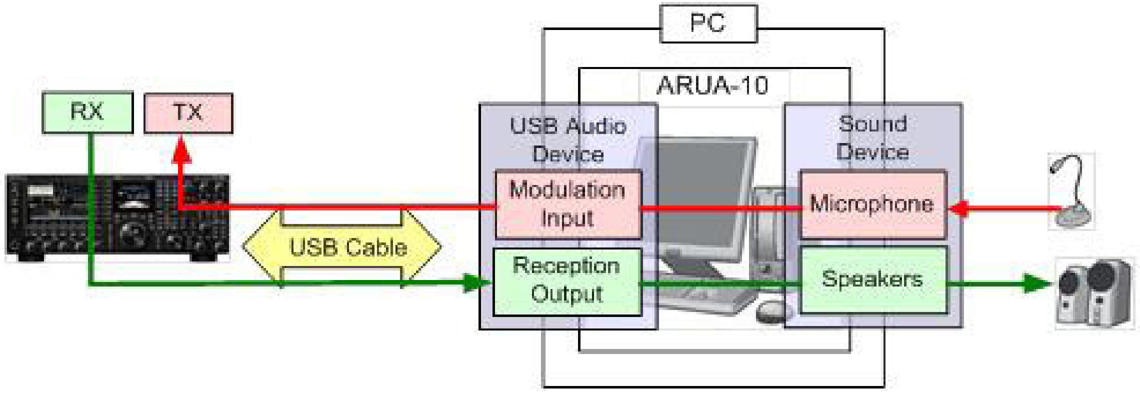


Fig. 124. ARUA-10 と周辺機器の接続例

運用に応じた設定

ARUA-10 は TS-590S 用のソフトウェアとして、TS-590S の発売と同時にリリースされました。最新バージョンである ARUA-10 Ver 2.01（2013 年 8 月現在）では、TS-990S と TS-590S を 1 台の PC に接続して使用するために、最大で 10 個の設定を保存することができます。

タスク・トレイの「ARUA-10」アイコンを右クリックすると、「デバイスの設定」プルダウン・メニューが表示されます。運用に応じた設定を「設定」画面で設定します。

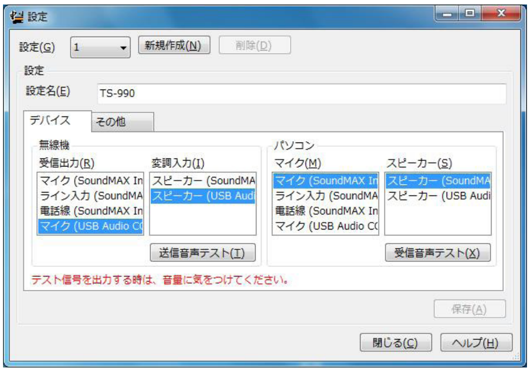


Fig. 125. ARUA-10 設定画面

送受信音のディレーを改善

最新バージョンの ARUA-10 Ver 2.00 では、ソフトウェア内部の構成が見直され、Ver 1.00 と比較して、送受信音のディレーを削減しました。

VoIP プログラム ARVP-10H/ARVP-10R

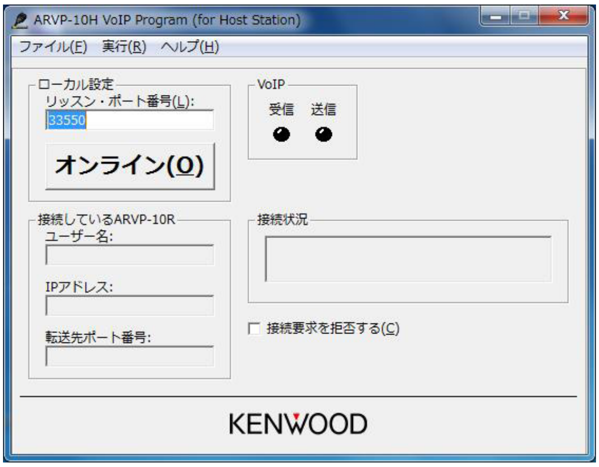


Fig. 126. ARVP-10H メイン・ウィンドウ（ホスト・ステーション用）

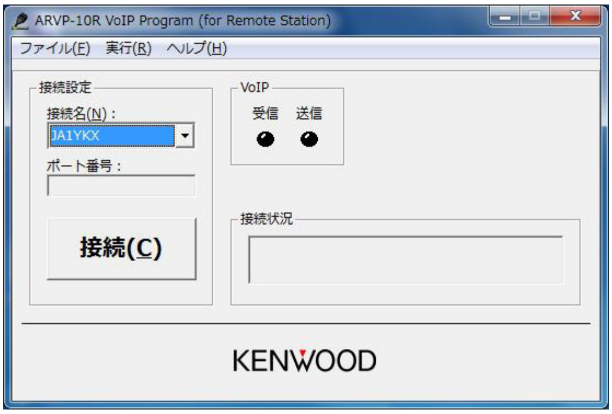


Fig. 127. ARVP-10R メイン・ウィンドウ（リモート・ステーション用）

ネットワーク接続で音声をやり取りする VoIP 機能を、ホスト・ステーション（TS-990S が設置された側）で提供するソフトウェア ARVP-10H と、リモート・ステーション（TS-990S を遠隔操作する側）で提供するソフトウェア ARVP-10R をリリースしました。

ARVP-10H/ARVP-10R はフリー・ソフトウェアで、無償にて弊社 Web サイトよりダウンロードして使用可能です。

弊社 Web サイトに掲載されている「TS-990S シリーズ「遠隔操作」運用ガイド」もあわせて参照してください。

基本機能

ARVP-10H/ARVP-10R を使用すると、LAN 経由でも、インターネット経由でも、音声をやり取りすることができます。

ARCP-990 と ARHP-990 の KNS 接続が LAN 経由の場合には、ARCP-990 と ARHP-990 に内蔵された VoIP 機能が使用できます。

ARCP-990 と ARHP-990 の KNS 接続がインターネット経由の場合には、ARCP-990 と ARHP-990 に内蔵された VoIP 機能は使用できませんので、ARVP-10H/ARVP-10R や一般的な VoIP ソフトウェアを使用します。

仮想 COM ポート・ドライバー

USB ケーブルで PC と TS-990S を接続する場合、ARCP-990 やARHP-990、そのほかの RS-232C で TS-990S を制御するアプリケーション・ソフトウェアを使用するには、仮想 COM ポート・ドライバーを PC にインストールする必要があります。

RS-232C ケーブルや LAN ケーブルで PC と TS-990S を接続する場合は、仮想 COM ポート・ドライバーを PC にインストールする必要はありません。

USB ケーブルで接続し、ARUA-10 のみを使用する場合にも、仮想 COM ポート・ドライバーを PC にインストールする必要はありません。TS-990S に内蔵されている USB サウンド機能のみを使用する場合は、Windows で標準に用意されているドライバーで動作します。

仮想 COM ポート・ドライバーで TS-990S の USB ポートがどの COM ポート番号に割り当てられているかを確認するには、Windows のデバイス・マネージャー・ウィンドウで「ポート（COM と LPT）」を展開します。

「Silicon Labs CP210x USB to UART Bridge （COMxx）」という表示の「COMxx」の部分が、Windows で割り当てられている仮想COMポート・ドライバー用の COM ポート番号です。

下図の用例では「Silicon Labs CP210x USB to UART Bridge （COM3）」と表示されています。この用例では、「COM3」が、仮想 COM ポート・ドライバー用に割り当てられている COM ポート番号となります。

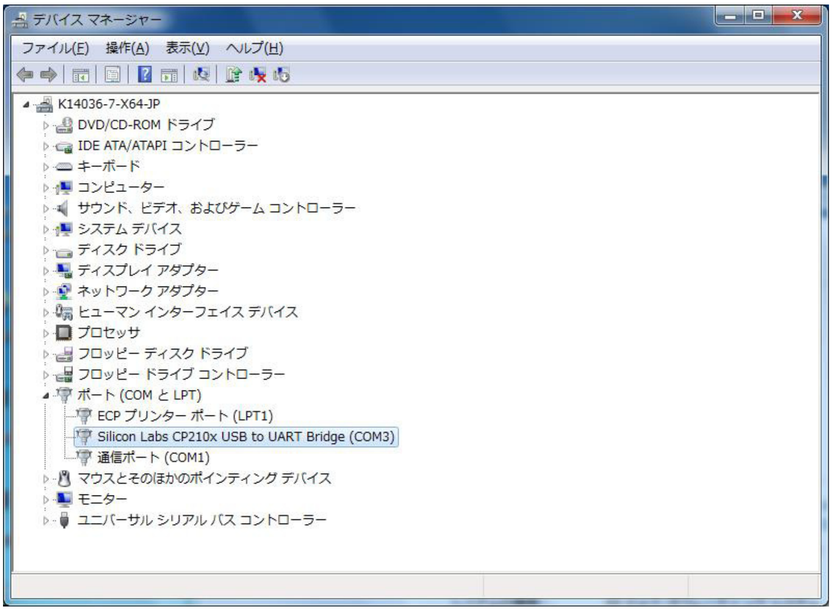


Fig. 128. デバイス・マネジャーでの仮想 COM ポート・ドライバーの COM ポート番号

TS-990S と接続している PC の USB ポートを別の USB ポートに USB ケーブルを差し替えると、COM ポート番号が変更されます。この場合は、再度、上記手順で COM ポート番号を確認してください。

PADDLE、KEY ジャック

従来の機種では **PADDLE** ジャックを背面に配置していましたが、TS-990 では **PADDLE** ジャックを前面に配置してパドル端子の利便性を向上させました。TS-990 はエレクトロニックキーヤーを内蔵していますので、**PADDLE** ジャックにパドルを接続するだけで使用することができます。また、初期設定では **PADDLE** ジャックには「Paddle」、**KEY** ジャック（背面パネル）には「Straight Key」が設定されていますが、設定によりいずれのジャックでも下記の電鍵を使用することができます。

● PADDLE、KEY ジャックで共通で使用できる電鍵

- パドル
- バグキー
- 縦振れキー（ストレートキー）
- 外部エレクトロニックキーヤー
- PC キーヤー出力

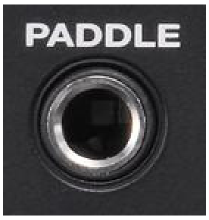


Fig. 129. PADDLE ジャック（前面パネル）

Fig. 130. KEY ジャック（背面パネル）

EXT SP1、EXT SP2 ジャック

TS-990 に 2 台までの外部スピーカーを接続することができます。これにより二波同時受信で運用しているときに二波を個別に出力させることができます。

外部スピーカーを **EXT SP1** ジャックのみに接続した場合は、内蔵スピーカーの音声はミュートされ、メインバンドとサブバンドの音声を混合した音声が出力されます。さらに、外部スピーカーを **EXT SP2** ジャックに接続した場合は、メインバンドの受信音は **EXT SP1** ジャックから、サブバンドの受信音は **EXT SP2** ジャックから出力されます（初期設定：Normal）。また、**EXT SP2** ジャックのみに接続した場合は、メインバンドの受信は内蔵スピーカーから、サブバンドの受信は **EXT SP2** ジャックから出力されます（初期設定：Normal）。

また、メニュー 7-15「Speaker Output Configuration」で外部スピーカーへの音声出力の形態を、通常、反転または混合に設定することができます。

Fig. 131. EXT SP1 、EXT SP2 ジャック

PHONES ジャック

TS-990 は、ステレオ・ヘッドホンに対応しています。ヘッドホン専用アンプを搭載し、高インピーダンスのヘッドホンでも安定した出力を提供します。

また、メイン・サブバンドの混合の割合をメニュー 1-07「Headphones Mixing Balance」で、また左右の入れ替えをメニュー 1-08「Headphones Left/Right Reverse」で、設定することができます。メニュー 1-07 では、混合割合を 10 段階で設定することができ、長時間運用しても疲れにくく違和感のないようにすることができます。

Fig. 132. PHONES ジャック

KEYPAD ジャック

TS-990 前面の PF キーに 4 個までの機能を割り当てることができます。背面の **KEYPAD** ジャックにキーパッドを接続すると、キーパッドのキーに最大 8 個までの機能を割り当てることもできます。

たとえば、PF キーにメッセージメモリーを割り当てると、音声メッセージ、CW メッセージ、FSK メッセージや PSK メッセージをワンタッチで送信しますので、コンテストのような素早い操作が必要な場合に効果的です。

キーパッドを自作する場合には、下記の回路図をご参照ください。

Fig. 133. KEYPAD ジャック

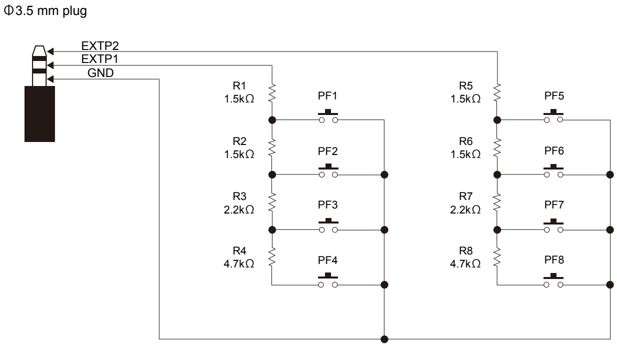


Fig. 134. KEYPAD 回路例

補足：

- ◆この回路図は、原理的なものです。高周波の廻りこみやノイズの混入などによる誤動作が起きないことを確認した上でご使用ください。キーパッド回路にバイパスコンデンサーを追加したり、インダクターやフェライトコアーを追加したりすることにより、誤動作が減少することがあります。
- ◆内部では、この端子が 3.3 V の電源にプルアップされ、端子に接続する抵抗との分圧によって得られる電圧を CPU が A/D コンバーターで読み取ることにより、どのキーが押されたかを検出します。

METER 端子

METER 端子に市販のアナログメーターを接続すると、メインバンドやサブバンドで送受信している信号のレベルを表示させることができます。メインバンドおよびサブバンドのそれぞれに、出力する信号を設定することができます。また、**ACC 2** コネクターからも同じ信号を出力することができます。

METER 端子の出力定格は、以下のとおりです。

Fig. 135. METER 端子

- 電圧：0〜5 V （無負荷時）
- インピーダンス：4.7kΩ

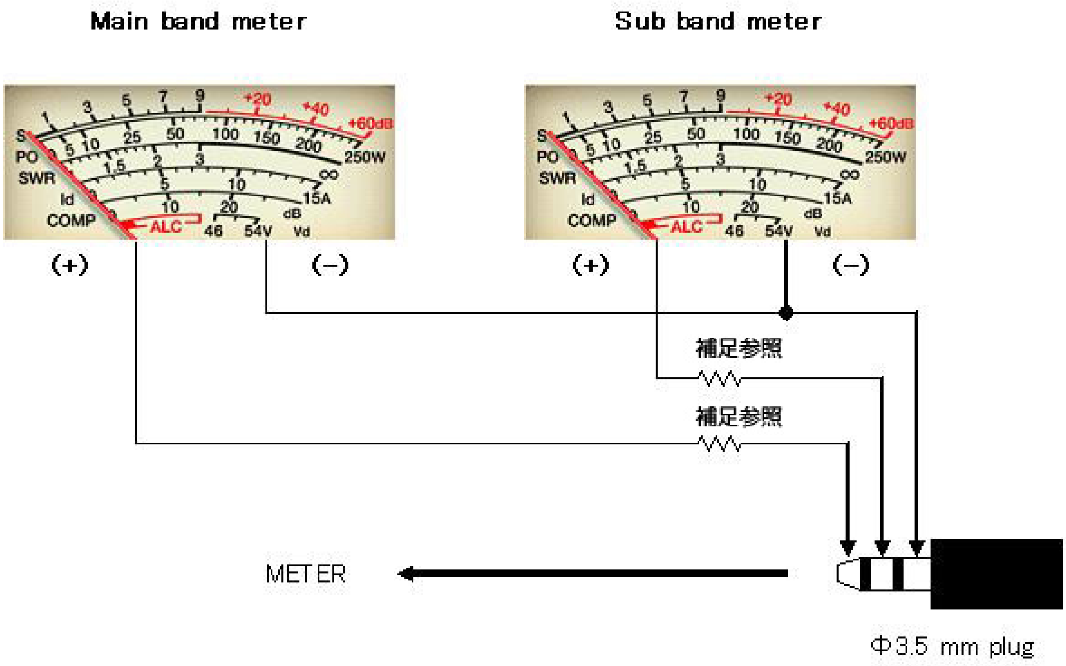


Fig. 136. メーター回路例

補足：

♦ 市販品のメーターを **METER** 端子に接続する場合は、必要に応じて抵抗や可変抵抗器を追加してください。

ACC 2 コネクター

外部に接続する機器の入出力をこの **ACC 2** コネクターに接続します。

ACC 2 コネクターは、13 ピンのアクセサリー端子で、TS-2000、TS-950 や TS-790 のようにメインバンドとサブバンドを持つ機種に合わせたピン配列になっています。2 番ピンは、RTTY キーイング端子になっています。

● RTTY キーイング入力

FSK モードでは内蔵のデモジュレーターのほか、従来機種と同じように RTTY ターミナル機器や PC からのキーイング信号をこの端子に入力してキーイングすることができます。

この論理は、グランドにショートするとディスプレイに表示された周波数で送信し、オープンにすると -170 Hz にシフトした周波数となります（FSK シフト幅：170 Hz、FSK キー極性反転：オフ）。

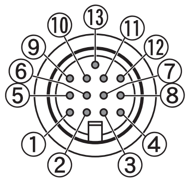


Fig. 137. ACC 2 コネクター

Table 13. ACC 2 コネクター端子配列

端子No.	端子名	機能	I/O
1	SANO	サブバンドのオーディオ出力 • 外部接続機器（TNC、MCP、PC）のオーディオ入力に接続します。 • オーディオ出力レベルは、**[AF]** ツマミ（音量）に関連づけられていません。 • オーディオ出力レベルは、メニュー 7-11 で変更することができます。オーディオ出力レベルを「0」に設定した場合は 0 Vp-p、初期値「50」では 0.5 Vp-p、「100」に設定した場合は 1 Vp-p のオーディオ信号が出力されます。（出力インピーダンス：10 kΩ）	O
2	RTTY	RTTY（FSK）キーイング端子 • キーイング極性は、メニュー 2-07 で変更することができます。	I
3	MANO	メインバンドのオーディオ出力 • 外部接続機器（TNC、MCP、PC）のオーディオ入力に接続します。 • オーディオ出力レベルは、**[AF]** ツマミ（音量）に関連づけられていません。 • オーディオ出力レベルは、メニュー 7-10 で変更することができます。オーディオ出力レベルを「0」に設定した場合は 0 Vp-p、初期値「50」では 0.5 Vp-p、「100」に設定した場合は 1 Vp-pのオーディオ信号が出力されます。（出力インピーダンス：10kΩ）	O
4	GND	信号グラウンド	—
5	MSQ	メインバンドのスケルチコントロール出力 • TNC、MCP、PC 接続用インターフェースのスケルチ入力に接続します。 • スケルチが開いているとき：ローインピーダンス • スケルチが閉じているとき：ハイインピーダンス	O
6	MMET	メインバンドのメーターレベル出力	O
7	SSQ	サブバンドのスケルチコントロール出力	—

端子No.	端子名	機能	I/O
8	GND	信号グラウンド	—
9	PKS	TNC、MCP、PC 接続用インターフェースの PTT 出力に接続します。 • **PKS** 端子を GND に接続することで送信します。 • **PKS** 端子による送信時の入力音源は、**[DATA/SEL]** キーを長く押すことで表示される選択画面で設定できます。	I
10	SMET	サブバンドのメーターレベル出力 • 出力するメーターの種類と出力レベルは、アドバンストメニュー 1 および 3 で変更できます。	O
11	ANI	データ通信用オーディオ入力 • PC（または PC 接続用インターフェース）や外部機器のオーディオ出力に接続します。 • オーディオ入力レベルは、**[MIC]** ツマミ（マイクゲイン）に関連づけられていません。 • オーディオ入力レベルは、メニュー 7-06 で変更することができます。オーディオ出力レベルを「0」に設定した場合は、ほぼ変調されずに送信し、初期値「50」では 10 mVrms の信号を入力すると標準変調したオーディオ信号を送信し、「100」に設定した場合は、1 mVrms の信号を入力すると標準変調したオーディオ信号を送信します。（入力インピーダンス：10kΩ）	I
12	GND	信号グラウンド	—
13	SS	PTT 入力 • **MIC** コネクターの 2 番ピン、**REMOTE** コネクターの 3 番ピンと同じ端子です。 • **[SEND]** キーを押したときと同じ動作です。 • **SS** 端子を GND に接続することで送信します。 • **SS** 端子による送信時の入力音源は、**[DATA/SEL]** キーを長く押すことで表示される選択画面で設定できます。	I

OPTICAL IN、OPTICAL OUT コネクター

TS-990 は、市販の光デジタル入出力端子を搭載しているオーディオ機器を **OPTICAL IN** および **OPTICAL OUT** 端子と接続することができます。

機器間で電気的な接触が介在しないことから、高周波の廻りこみやハム音の重畳と言った現象を防止することができます。DSP に直接デジタル信号を入出力させることで、質の高い送受信環境を構築することができます。

光デジタル出力（受信音：サンプリング周波数 48 kHz、24 ビット対応）は、メニュー 7-18「Optical: Audio Output Configuration」で出力形態（左右チャンネルの入れ替えや混合の割合の設定）を設定することができます。（初期設定は左チャンネルがメインバンド受信音、右チャンネルがサブバンドの受信音）

また、光デジタル入力（送信音：サンプリング周波数 44.1 kHz および 48 kHz、24 ビットおよび 16 ビット対応）は、ステレオ信号をモノラルに変換します。

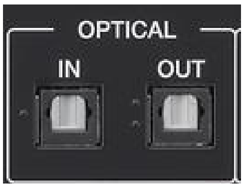


Fig. 138. OPTICAL IN 、OPTICAL OUT 端子

DISPLAY コネクター

DISPLAY コネクターに外部モニターを接続し、メインスクリーンと同じ内容を外部モニターに表示させることができます。

DISPLAY コネクターには DVI-I コネクターを採用しており、TS-990 からデジタル RGB 信号およびアナログ RGB 信号の両方を出力することができます。変換コネクターを用いれば、D-サブ 15 ピンのアナログ RGB 信号の入力端子を備えたモニターにも画像を表示させることができます。もちろん、DVI アナログコネクター付ケーブルも使用することができます。

Fig. 139. DISPLAY コネクター（背面パネル）

Fig. 140 DVI（オス）– VGA（メス）
変換コネクター（市販品）

LAN コネクター

ARCP-990 を用いて PC からコントロールする場合、KNS（KENWOOD NETWORK COMMAND SYSTEM）で運用する場合や、NTP（Network Time Protocol）サーバーを利用して自動的に時刻を補正するときなど、LAN コネクターから PC や LAN に接続することができます。

TS-990 は、LAN インターフェースとして 100BASE-TX および 10BASE-T に対応しています。

Fig. 2. LAN コネクター

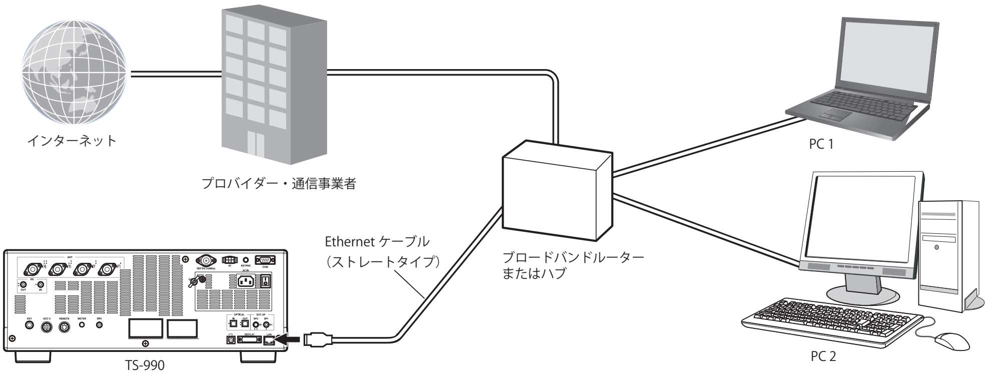


Fig. 141. LAN との接続例

USB コネクター（USB-A）

USB-A（メス）型の **USB** コネクター（前面パネル）に市販品の USB メモリーや USB キーボードを接続することができます。

Fig. 142. USB コネクター（前面パネル）

● USB メモリーの使用例

TS-990 で作成した設定データや音声データを USB メモリーに書き込んだり、TS-990 にファームウェアやファイルを読み込ませたりすることができます。また、メインディスプレイおよびサブディスプレイの表示をキャプチャーして USB メモリーに保存することも可能です。

- USB メモリーを **USB** コネクターから取り外すときに、毎回、 USB メモリーメニューで「Safe Removal of USB Flash Drive」（安全な取り外し）を実行するのが面倒な場合は、PF キーに「Safe Removal of USB Flash Drive」を割り当てます。PF キーを押すごとに「Safe Removal of USB Flash Drive」が実行されて、USB メモリーを素早くかつ安全に取り外すことができます。

● USBキーボードの使用例

USB コネクターに USB キーボードを接続すると、以下ように快適な操作が可能です。

- 定型文として録音・登録したボイスメッセージや CW メッセージメモリーをキーボードのファンクションキーを押すだけで送信する。
- **FSK エンコード/デコード**画面または **PSK エンコード/デコード**画面から定型文として登録されているメッセージメモリーをキーボードのファンクションキーを押すだけで送信する。
- 文字列を入力する場面において、文字列を編集したり、登録したりする。
- **FSK エンコード/デコード**画面または **PSK エンコード/デコード**画面では、表示されている文字列を USB キーボードの **[Page Up]** キーや **[Page Down]** キーを押して表示されている文字列をスクロールする。
- USB メモリーを **USB** コネクターに接続しているときに USB キーボードの **[Print Screen]** キーを押すと メインディスプレイとサブディスプレイの表示を USB メモリーに保存する（PNG 形式）。

USB コネクター（USB-B）

USB-B（メス）型の **USB** コネクター（背面パネル）に PC を接続することができます。ARCP-990 を使用して TS-990 を遠隔操作したり、受信音を PC で再生させたり、PC からファームウェアをアップデートさせたりすることができます。

ケーブルは、USB ケーブル（USB2.0：A コネクター ～ B コネクタータイプ）を使用します。

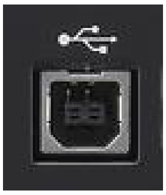


Fig. 143. USB コネクター（背面パネル）

USB コネクター（背面パネル）周辺のブロック図は、3 チャンネルのハブを経由して DSP やそれぞれの CPU と信号を受け渡す流れを示しています。

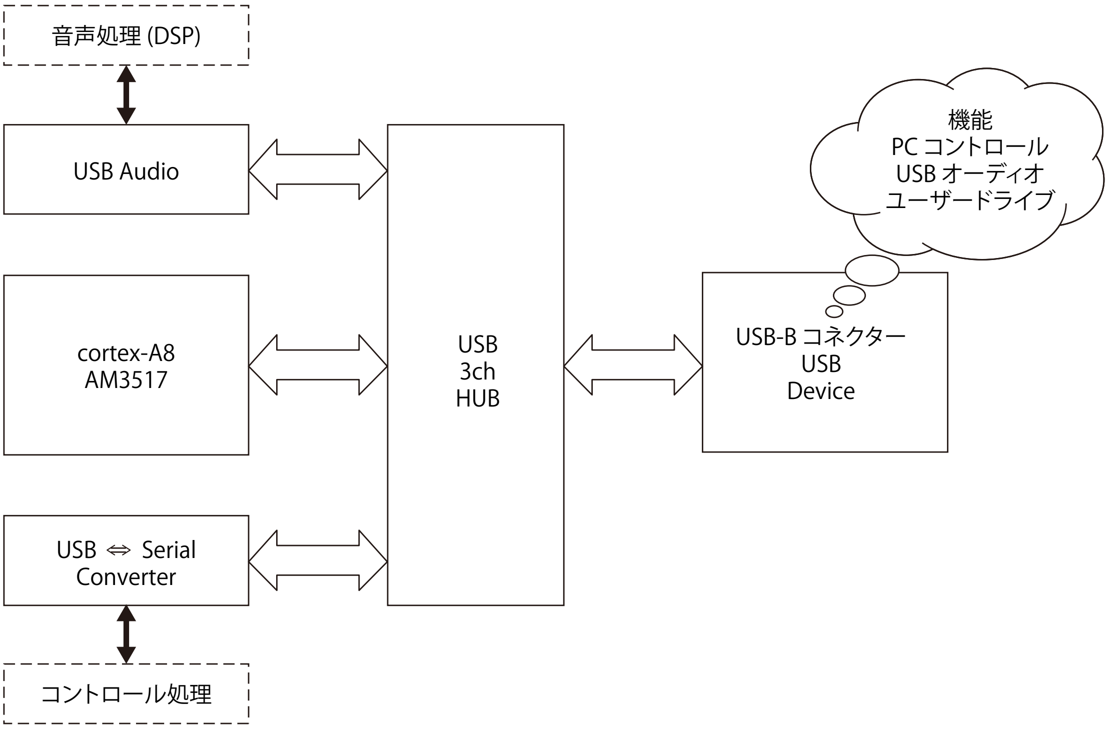


Fig. 144. USB コネクター（背面パネル）周辺のブロック図

内部構造

TS-990 の内部構造について説明します。

TS-990 のシャーシは、上下 2 段構造になっています。シャーシ上部の左側には AC/DC 電源ユニット、DC/DC ユニット、中央にはファイナルユニット、そして右側にはプリント基板を 3 段に配置しています。右側は 3 段に分かれており、上段はアンテナ接続ユニット、中段はアンテナ切替ユニット、下段はアンテナチューナーユニットです。また、パネル部にはディスプレイユニットを配置しています。

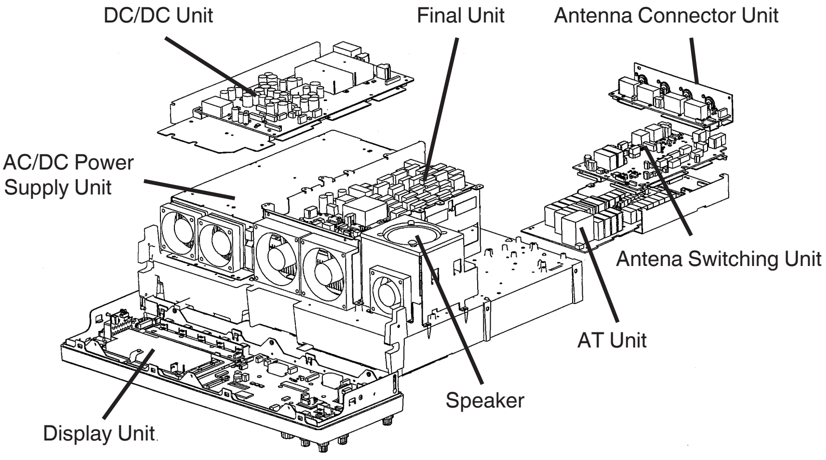


Fig. 145. 本体上部の構造

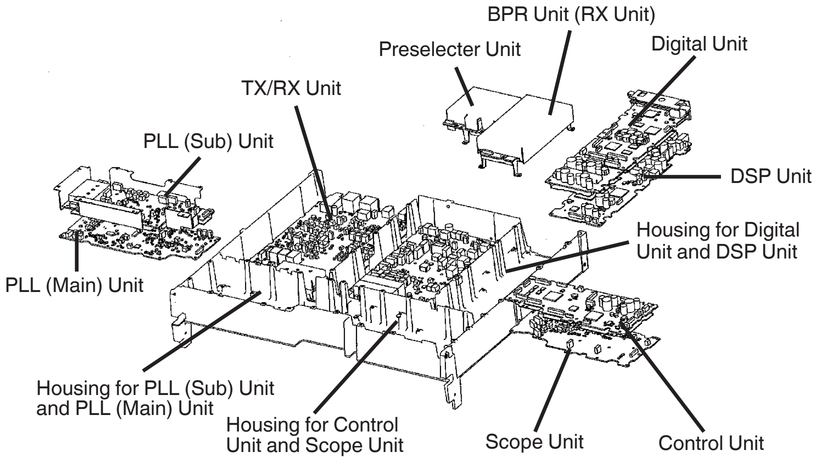


Fig. 146. 本体下部の構造

シャーシ下部は、多くが上下 2 段構造になっています。前方から左後方には TX/RX ユニット、中央後方には RX ユニット、プリセレクターユニットおよびバンドパス・フィルターユニットを配置しています。右側後方には デジタルユニット (上段)、DSP ユニット (下段)、右前方には、下段にスコープユニット、上段にコントロールユニットと、左前方には、下段に PLL ユニット (メインバンド)、上段に PLL ユニット (サブバンド) を配置しています。

外形寸法は、高さ 165 mm (+24 mm)、幅 460 mm (+58 mm)、奥行き 400 mm (-5 mm) です。

括弧内の寸法は TS-950 との比較です。パネルサイズは TS-950 より大きくなりましたが、奥行きは僅かですが 5 mm 短くなりました。

多くの基板を高密度に配置するために、シャーシには弁当箱の様な仕切りを設けて各仕切りごとに基板を固定する構造を採用しました。弁当箱構造にすることにより、壁が仕切りとなりシールド効果が得られます。

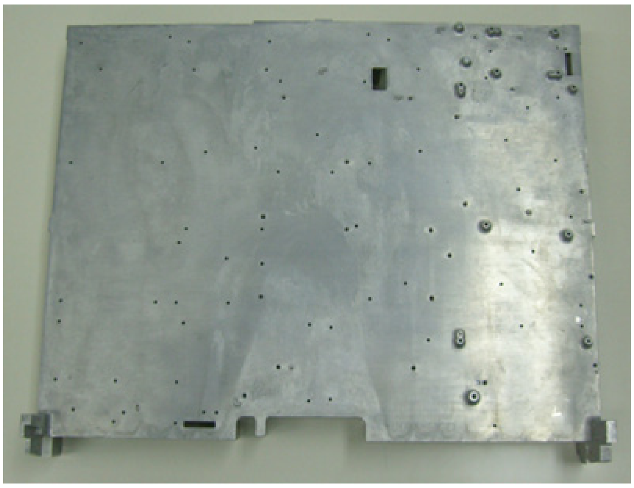


Fig. 147. シャーシ上面

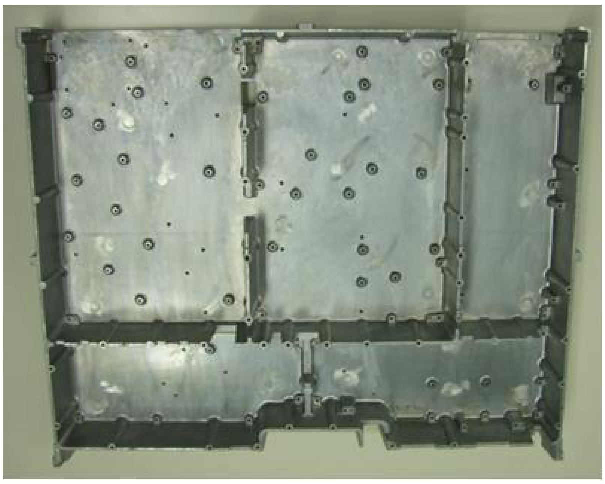


Fig. 148. シャーシ底面

冷却性能

TS-990 のファイナルユニットは、カシメ・フィンを用いた放熱器で冷却しています。

放熱器の候補として、水冷放熱器やヒートパイプ放熱器などの様々な冷却方法を検討して、冷却性能・重量・動作ノイズ・信頼性のバランスが優れていた放熱フィンをカシメ方式で固定したタイプの放熱器を採用しました。水冷構造は冷却性能には優れていますが、メンテナンスを必要とする長期間使用が想定される無線機には適していませんでした。

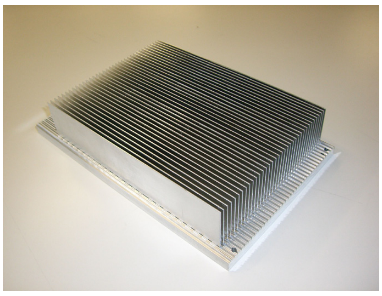


Fig. 149. 放熱器

Fig. 150. 水冷ヘッド

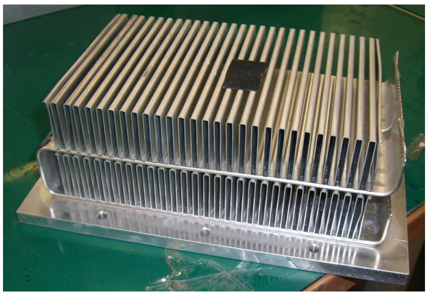


Fig. 151. ヒートパイプ

TS-990 には、5 個の冷却用ファンモーターを搭載しています。電源、ファイナル、およびアンテナチューナーそれぞれのエリアに専用ファンを設けて、TS-990 の側面と底面から吸気した空気で各部を冷却する構造にしました。冷却構造は、シンプルな構造に徹しています。

ファイナルユニット用ファンモーターは 3 段階の動作モードを設定しており、運用に合わせて騒音が小さくなるように設計しています。想定を超える温度上昇が起きた場合には送信出力を絞る保護機能が作動しますので、異常動作に対しても万全です。

5 個の冷却用ファンモーターは、全て信頼性の高い山洋電気株式会社製です。

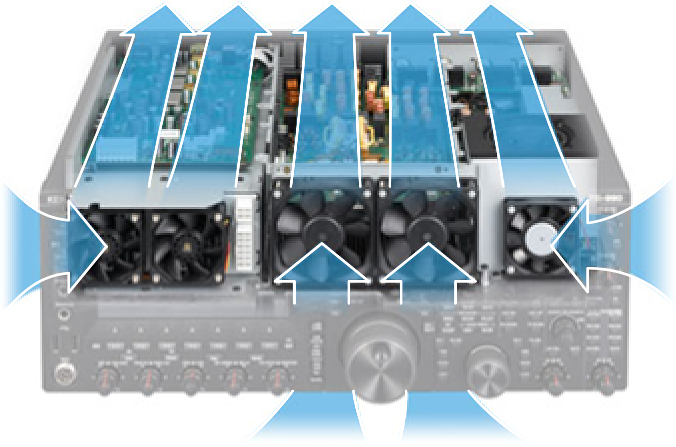


Fig. 152. ファンのレイアウトと風の流れ

冷却用ファンモーターの数が増えると内部の風の流れが複雑になります。開発時には CAE 解析を実施し、風の流れを最適化しました。「ファンのレイアウトと風の流れ」の画像は、筐体上部の風の流れを可視化したものです。

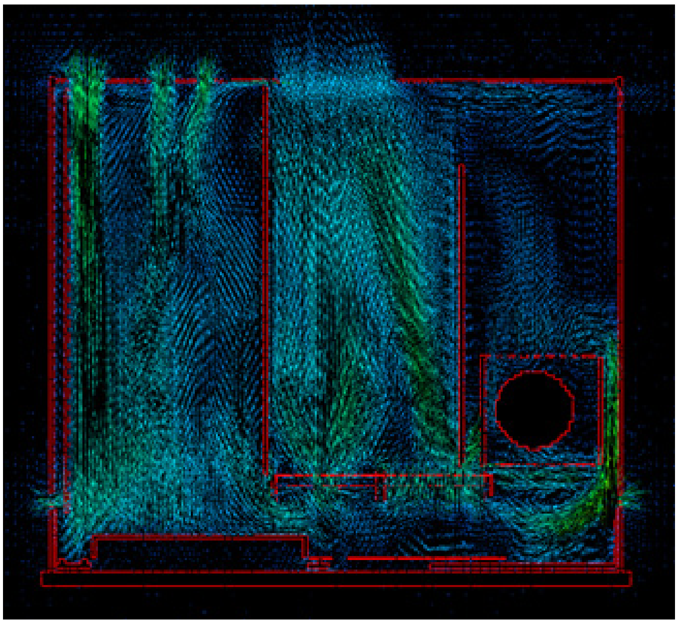


Fig. 153. エアーフロー・シミュレーション

線は風の流れを意味し、線の密度が高いほど風が強く流れていることを意味します。中央のファイナル部を通過した流れがスムーズに外側に吐き出されていることが分かります。

天板の振動解析

TS-990 は、内蔵スピーカーの音質に関してもこだわった筐体設計をしています。

筐体を包むケースの CAE 解析を行い、音質を劣化させることがないようにネジを配置しました。ケースの振動解析により周波数ごとの振動の腹と節の発生場所を推測し、振動を抑え込むようにネジを配置しました。これにより構造的な音質の劣化を防止し、長時間運用しても聞き疲れしない音質を実現しています。

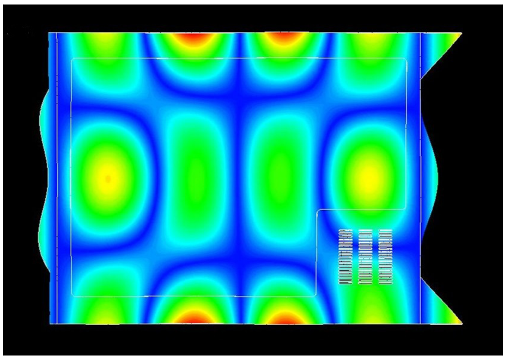


Fig. 154. 上ケース変形シミュレーション

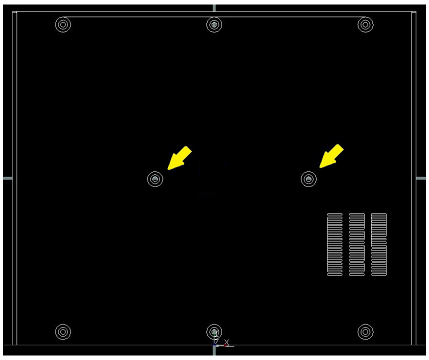


Fig. 155. 上ケースネジ配置

島のように見える部分が、ある周波数の音において上ケースが凸形状もしくは凹形状に変形が予測される腹の部分です。それ以外の部分は振動しない節となる部分です。スピーカーの音により上ケースが共振し変形すると、スピーカーから発せられる音と筐体から発せられる音とが混ざってしまい、聞こえてくる音が劣化します。変形を押さえる為には変形部（腹部）をネジで固定する必要があります。

ネジの配置が左右対称ではありませんが、スピーカーを内蔵する無線機として、ネジの配置ひとつにもこだわった結果です。

前脚のリフトアップ構造

前脚のリフトアップ構造は、容易に補助脚を収納する、または補助脚をリフトアップすることができるレバー回転方式を採用しました。

補助脚は、収納時には前面から見えない位置に収納しており、前脚の美観を損ないません。また、補助脚をリフトアップさせたときには、前脚の形状と補助脚の形状が円弧状に揃い、一体感のある美しい外観に仕上げています。

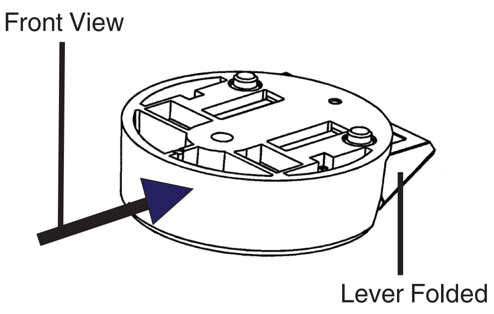


Fig. 156. 補助脚格納

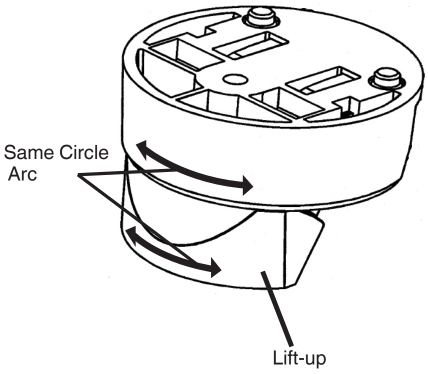


Fig. 157. 補助脚リフトアップ

また、このリフトアップ構造はリフトアップ時に前脚の面と補助脚の面を一致させる様に設計したことから、この受け面が本機の重力方向に対しほぼ垂直に荷重を受け止めることができます。その結果、回転アーム部にストレスを加えることなく、重量級の TS-990 の自重を、余裕を持って支えることができるようになりました。

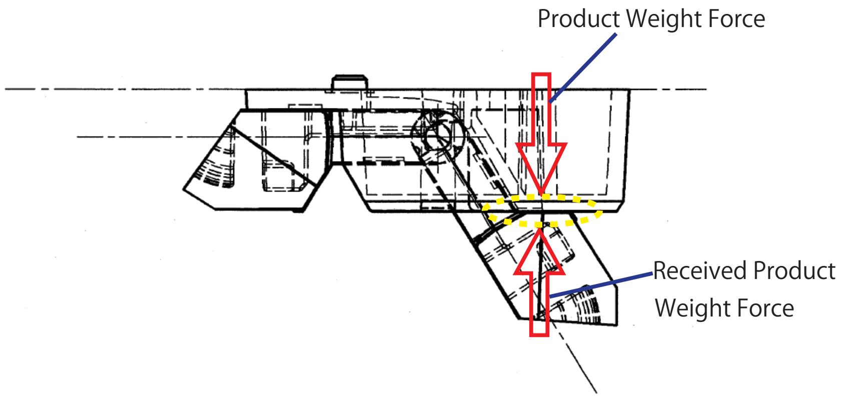


Fig. 158. リフトアップ状態での荷重方向

パネルデザイン

TS-870 以降、HF 機に採用されるパネルデザインは、シリーズを継承するようなデザインを採用しないで、その機種の特徴を表現するデザインに重点を置いて設計しました。どこから見てもケンウッド製品であることがわかるようなポリシーは維持しつつも、TS-870 では世界で初めて IF DSP を搭載したアマチュア無線機としてデジタル感を表現、TS-570 では開発コンセプトである容易な操作性を表現しました。しかし、その狙いとは別に、伝統的な HF アマチュア無線機らしいデザインを望む市場の声も少なからずありました。

そのような流れを背景に、TS-990 の開発に着手する前に回路や DSP の基礎検討と平行してデザインを基礎から検討しました。特定の機種に限定したものではなく、「今後のケンウッドの HF 機のデザインテイストはどうあるべきか」に視点を置いて検討しました。

実際の検討には、設計だけでなくデザイナーも参加しました。単にデザイン性だけを検討するのではなく、HF 機の使われ方や HF 機のユーザーの好みや習慣、過去機種の市場評価、ケンウッドに対する期待など HF アマチュア無線家の視点に立ったユーザビリティをデザイナーに伝えました。デザイナーはユーザビリティからイメージスケッチを作成し、レビューを繰り返すような作業が続きました。最後にはデザインコンペを実施し、下図に示すイメージスケッチを「HF デザインテイスト」として選定しました。

Fig. 159. イメージスケッチ

この「イメージスケッチ」は、実際の設計に使用したデザイン図ではありません。イメージ通りに各部に部品が配置できるかどうかなどは、考慮されていません。前述した HF 機のユーザビリティ情報や、フラグシップ機に求められる主要機能やアイディアを元にイメージスケッチとして作成させたものです。

実際には、TS-990 よりも TS-590 を先に開発しました。TS-590 のデザインについては TS-590 用徹底解説集でデザイナー自身が語っている通りです。その時点ではこの「HF デザインテイスト」を公開することはできませんでした。TS-590 はこのテイストをベースに開発され、TS-990 も同様に、この「イメージスケッチ」を基に設計しました。

さらに、2010 年に発売した TS-590 に対する反響を TS-990 の設計細部に反映させたのは言うまでもありません。TS-990 の前面パネルからは、TS-590 と親和性を持ったケンウッドの HF 機のデザインを実感することができます。

Fig. 160. TS-990 と TS-590 の前面パネル

操作性

操作性に直結するキーや回転ツマミの設計は、ダイレクト・アクセスを実現できる配置に心がけました。

TS-990 には、キーが 110 個、回転ツマミが大小・内軸・外軸合わせて 28 個あります。

これだけのキーや回転ツマミの操作性を考慮するにはモックアップ（実寸大の模型）を製作する前にキーや回転ツマミを 3D プリンターで作成し、個々の部品の大きさ、形状、配置や間隔を検討しました。

前面パネルの右側にある回転ツマミは、一見同じ大きさに見えますが、上から 4 個 **[NB1]**、**[NR1]**、**[NOTCH]** (M) および **[NOTCH]** (S)、その下の 1 個 **[HI/SHIFT]**、一番下の 2 個 **[AF]** (M)、**[AF]** (S) で大きさを変えています。下に配置されている回転ツマミの外径ほど大きくなっています。**[AF]** ツマミは、部品配置の制約から実現可能な最大の外径になっています。

従来的な設計手法と 3D CAD や 3D プリンターといったデジタル設計ツールを融合させたことにより、洗練されたキーや回転ツマミの配置を実現できました。

初めて TS-990 に向かうユーザーは、キーや回転ツマミの多さに驚かれて「使いこなせるだろうか」という印象を持たれるかも知れません。しかし、TS-990 をしばらく運用して機能ブロックごとに分割させたキーや回転ツマミの配置および単機能だけをキーや回転ツマミに割り当てた設計思想を体感すると、この印象が薄れてゆきます。キーや回転ツマミに複雑な階層や複合する機能が少ないことがダイレクト・アクセス可能な操作性を実現しています。

Fig. 161. キーや回転ツマミの配置

キーについては、押した時にフラッグシップ機にふさわしい質感を感じられるような新規構造を採用しました。

新規構造を採用したことによりキーを押したときの感触ムラが無く、そしてどこから押しても均一で優れた操作感を実現することができました。

また、キーに配置されているインジケーターも新規構造を採用することにより高輝度かつ光ムラのない点灯を実現することができました。

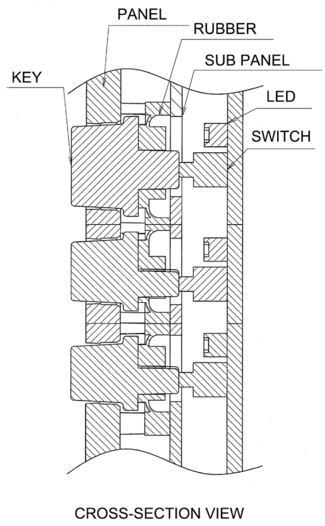


Fig. 162. キー構造

Fig. 163. テン・キー照光部

デュアル TFT ディスプレイとタッチパネル

アマチュア無線機として初のデュアル TFT ディスプレイには、環境、画質や寿命を考慮して LED バックライトを搭載した大小 2 種類の TFT 液晶ディスプレイを採用しました。これにより長寿命で光ムラが無く、画面を美しく表示させることができました。

2 個の TFT 液晶ディスプレイとインジケーターは、それぞれ明るさを調整することができ、使用環境に合わせて最適な設定にすることが可能です。

Fig. 164. TFT 液晶ディスプレイ

また、タッチパネルを採用し、**バンドスコープ**画面を指先で触れると、触れた場所の周波数に変更できるという、無線機としての機能に少し遊び心を加えた仕様になっています。

メインツマミの構造

メインツマミは、アルミニウムを NC 工作機械で削り出しています。

加工形状は、回転バランスまで考慮した偏芯を抑えた設計にしました。その結果、重みがあり、なめらかで精度感の高い操作フィーリングを実現しています。また、**同調**ツマミ（メイン）の表面は特注の切削バイトで切削することで放射状に輝く美しいスピンカットの紋様が広がるように仕上げました。

同調ツマミ（メイン）と同軸上にあるトルク可変ダイヤルツマミは、アルミダイカスト製です。ダイヤルツマミの質感にも妥協はありません。

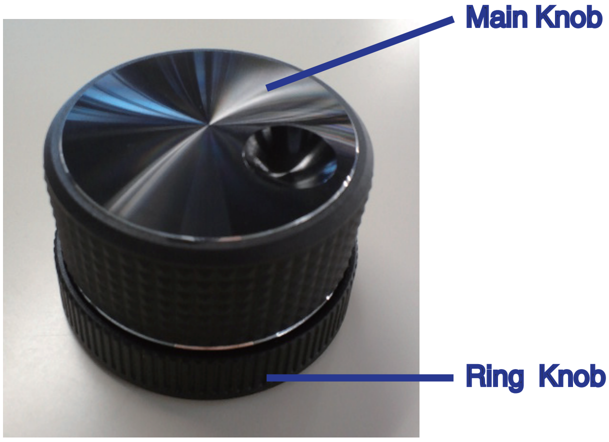


Fig. 165. メイン同調ツマミ外観

トルク可変ダイヤルツマミの回転構造では、摺動構成部に表面メッキされた金属プレートを採用し、ダイヤルツマミを回転させたときのクリック感、なめらか感や耐久性を最適化しました。

さらに、トルクを向上させるための摩擦材も厳選した材料を採用しています。**同調**ツマミ（メイン）側のアーム表面にはアルミシートを、対向する摩擦材には人工皮革を採用することにより、回転時の静粛性やなめらか感を最適化しました。

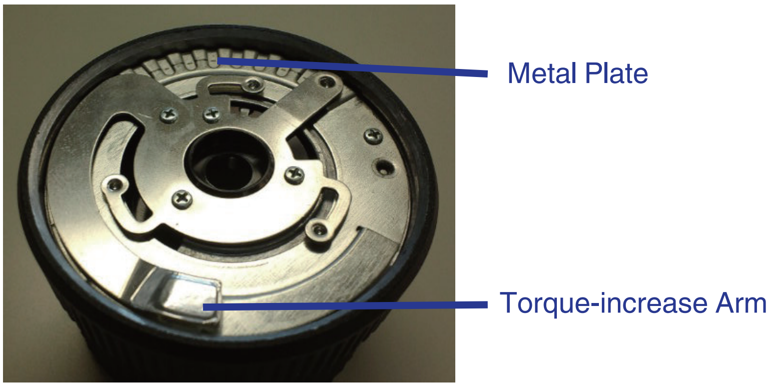


Fig. 166. トルク可変内部構造

10 SP-990

本スピーカーは、TS-990 とシステムアップさせた本格的な通信機用外部スピーカーです。

外観・機構

フロントパネルにはアルミダイカストを、スピーカーネットには音抜けを考慮したパンチングメタルを採用して基本的な音質の向上を図っています。TS-990 との親和性の高いシンプルなデザインにしました。

Fig. 167. SP-990 外観

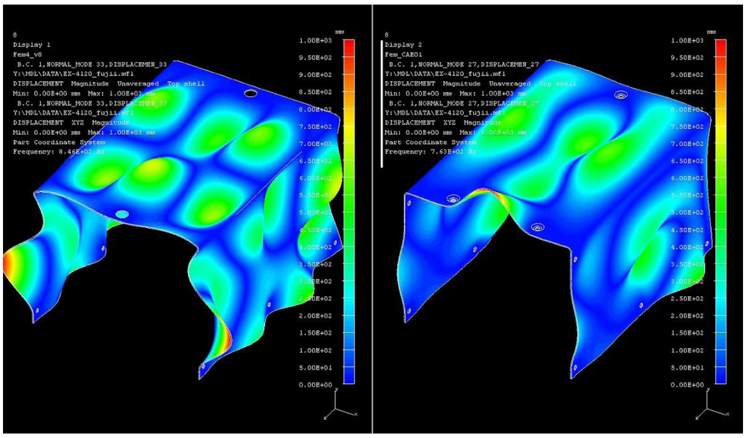


Fig. 168. 共振振動解析結果（相対比較）

筐体の共振振動が最も大きくなる信号を出力したときの振動の様子を解析し、相対的に比較しました。

左：ネジを上面に 2 箇所、側面に 3 箇所にネジを締めたとき

右：ネジを上面手前に 1 本追加し、側面手前に 1 本追加したとき

左の図からは分割振動が多数発生し、振れ幅が大きいことから共鳴の度合いが高いことがわかります。一方、右の図では全体的に振れ幅が小さく、共鳴の度合いが改善しています。

以上の振動解析結果からネジの配置を決定しました。余計な付帯音がなくクリアーな音、つまり癖のない特性を実現することで、お客様の自由な音作りを可能にしました。

スピーカー

SP-990 では、口径 10 ｃｍのフルレンジ・スピーカーを採用しています。

お客様が好みの音を TS-990 のイコライザーで実現しやすいように、音声帯域で周波数特性がフラットに近いものを選定しました。

帯域フィルター内蔵

SP-950 でも好評な帯域フィルターは、内蔵のフルレンジ・スピーカーに最適な値に設計しています。高域、低域のフィルターをそれぞれ 3 段階設けており、SSB や CW での運用など、モードに合わせた最適なフィルターを選択することができます。これにより、幅広い用途に適した周波数特性が得られます。

周波数特性は、下記の図のとおりです。高域カットオフ周波数は、HIGH 1、HIGH 2、HIGH 1 + HIGH 2 の順で下げることができます（HIGH 1 + HIGH 2 は、**[HIGH 1]** キーと **[HIGH 2]** キーを同時にオンにすることを指します）。低域カットオフ周波数は、LOW 1、LOW 2、LOW 1 + LOW 2 の順で上げることができます（LOW 1 + LOW 2 は、**[LOW 1]** キーと **[LOW 2]** キーを同時にオンにすることを指します）。

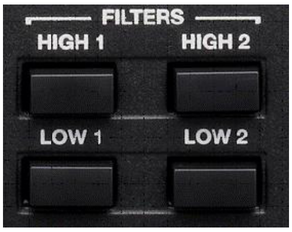


Fig. 169. フィルター切換スイッチ（前面パネル）

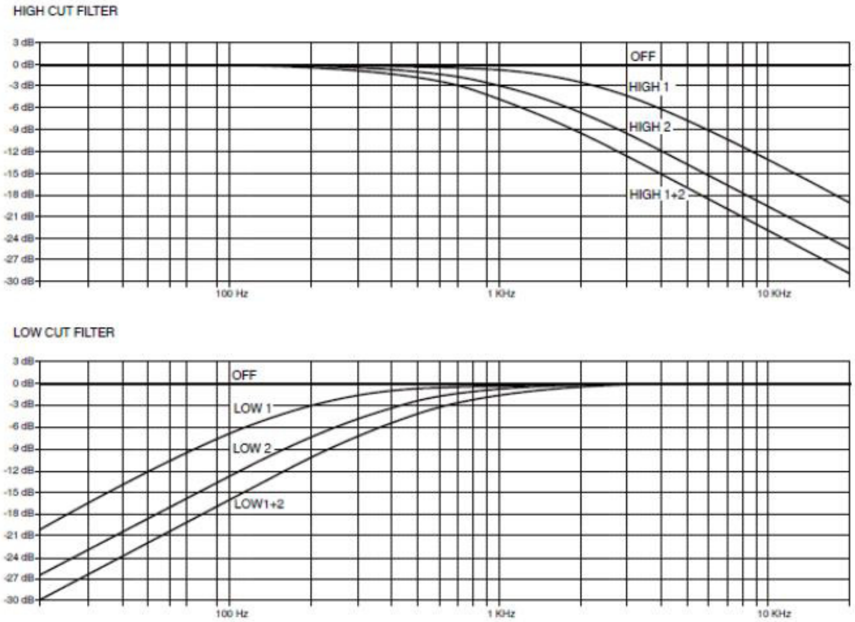


Fig. 170. 広域カットフィルターと低域カットフィルターの特性

スピーカー入力切換スイッチ

スピーカー入力端子は A と B の二つを設けており、スピーカーに二台の無線機を接続した場合に音源をフロントパネルで切り換えることができます。ヘッドホンを接続した場合も同様です。また、フィルター通過後のオーディオ信号を出力できるラインアウト端子や、一時的に音声出力を止めるミュート機能を搭載しています。

Fig. 171. 入力切換（A/B）キー（前面パネル）

TS-990 徹底解説集
発行日: 2014 年 8 月 1 日
発行: 株式会社JVCケンウッド

無断複製禁止
Copyright © JVC KENWOOD Corporation.
All Rights Reserved.

MAA-9THF1408（NK2）

非売品